

*Ю.А. Холодов*

**шестой  
незримый  
океан**



НАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Естественнонаучный факультет  
Издается с 1961 г.

*Ю.А. Холодов*

Доктор биологических наук

**шестой  
незримый  
океан**



*(Очерки по электромагнитной биологии)*

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»  
Москва 1978



Scan AAW

- X73 Холодов Ю. А.  
Шестой незримый океан (Очерки по электромагнитной биологии). М., «Знание», 1978.

112 с. (Нар. ун-т. Естественнаучный фак )

Электромагнитные поля стали привычным спутником нашей жизни благодаря техническим достижениям последних десятилетий. Современные успехи биологических наук приводят к выводу о необходимости электромагнитных полей для жизни.

Об успехах на этом трудном пути и повествует книга, рассчитанная на широкий круг читателей. Она может служить учебным пособием для слушателей народных университетов.

X  $\frac{20407-048}{073(02)-78}$  53—78

537

*Проблема влияния на человеческий организм электромагнитных полей как фактора производственной среды и среды обитания не только продолжает сохранять свою актуальность, но и приобретает особую значимость по мере дальнейшего развития научно-технической революции.*

(Академик А. И. Берг)



	$10^3$	$10^{11}$	$10^8$	$10^5$	$10^2$
	$3 \cdot 10^3$		$3 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^8$
ПМП	Низкочастотные волны			Радиоволны	

1

$10^9$	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-4}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-11}$
$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^0$	$3 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-11}$
Ультра- радио волны	Инфра- красные	Свет	Ультра- фиолет	Рентгеновые лучи	Гамма- лучи	

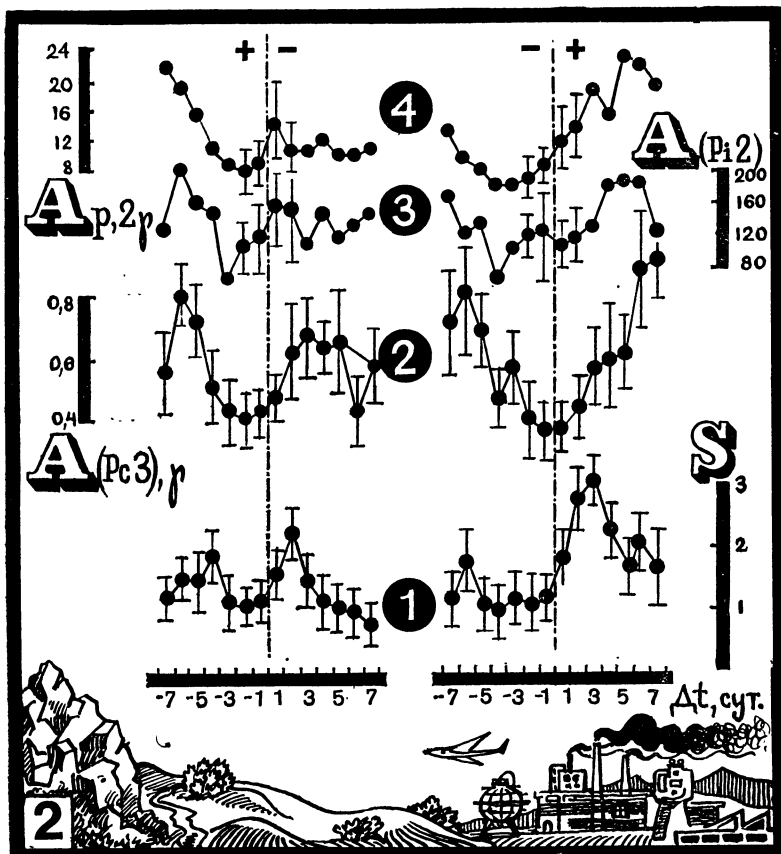


Рис. 1. Шкала электромагнитных колебаний. Рис. 2. Результат обработки методом наложенных эпох относительно границ секторов межпланетного магнитного поля и величин: 1 — психопатологического синдрома S (по Николаеву и др., 1976); 2 — амплитуды геомагнитных микропульсаций Pc3 в гаммах; 3 — амплитуды геомагнитных микропульсаций Pi2 в произвольных единицах; 4 — планетарного индекса Ar геомагнитной активности.

## Введение

*Развитие живых организмов от клетки до человека происходило в одноклассных условиях нашей планеты в течение сотен миллионов лет под воздействием таких факторов внешней среды, как определенный кислородный и тепловой режим, магнитное поле, солнечная радиация и т. п.*

*(академик В. Е. Соколов)*

Четыре водных океана и один воздушный включаются вместе с сушей в ту оболочку Земли, которая зовется биосферой. В этой книге мы поведем речь об электромагнитных полях (ЭМП). Их можно по праву назвать шестым океаном, поскольку они обнимают и сушу, и воду, и воздух; они могут быть обнаружены и вне организма и внутри его. Однако эти сведения о вездесущности ЭМП добыты для нас физические науки, и еще не до конца ясно, как чаще всего неощущаемые человеком ЭМП влияют на деятельность биологических систем. Но то, что они влияют, уже не вызывает сомнений. Недаром видный советский биолог, высказывание которого мы взяли эпиграфом к данному разделу, относит сегодня пятый и шестой океаны (по нашей терминологии) к числу важнейших факторов внешней среды. Но чтобы не утонуть в электромагнитных «морях», следует выбрать разумный маршрут.

Нам поможет в этом важном деле шкала электромагнитных колебаний, которую можно начать с постоянных электрических и магнитных полей и, постепенно увеличивая частоту колебаний, дойти до рентгеновских и гамма-лучей. На этом пути встретятся диапазоны: низкочастотный, звуковой и радиочастотный — инфракрасные лучи, видимые и ультрафиолетовые (рис. 1).

Из обширного спектра ЭМП медицина, сельское хозяйство и биология до конца прошлого века интересовались только видимым и прилегающим к нему инфракрасным диапазоном, поскольку только эти ЭМП четко субъективно воспринимаются человеком в виде света и тепла.

Позже в орбиту интересов медиков и биологов вошли более коротковолновые участки шкалы: ультрафиолетовые и ионизирующие излучения. Буквально в последние годы стали интенсивно исследовать биологическое действие той части шкалы электромагнитных колебаний, которая находится слева от инфракрасных лучей. Изучается биологическое действие обычно неощущаемых радиоволн, ЭМП звукового диапазона, более низкочастотных и постоянных. О них в основном и пойдет речь в настоящей книге, хотя автора в большей степени привлекают постоянные и низкочастотные магнитные поля.

Нужно заметить, что в наш век научно-технической революции «электромагнитная биология» обычно следовала в форватере за физикой. Несколько утрируя ход событий, можно их описать следующим образом. Вначале создавались мощные генераторы ЭМП, потом появлялись жалобы со стороны обслуживающего персонала, и, наконец, проблемой начинали заниматься медики и биологи, устанавливая предельно допустимые уровни воздействия на человека разными ЭМП. Иными словами, патология обгоняла биологию. Так формировалось гигиеническое направление в электромагнитной биологии.

Актуальность этих исследований нашла отражение в директивных решениях XXV съезда КПСС «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы», в которых сказано: «Разработать новые методы и средства борьбы с... воздействиями электрических и магнитных полей и излучений»<sup>1</sup>.

Уместно отметить, что естественное геомагнитное поле составляет на широте Москвы около 0,5 Э. Даже кратковременное воздействие искусственным слабым (до 100 Э) магнитным полем на голову человека, исполняющего обязанности оператора, может повлиять на скорость выполнения им движений. Чаше всего эта скорость замедляется, но у некоторых людей она может не изменяться или даже увеличиваться. Причина индивидуальных различий у организмов в чувствительности к ЭМП остается загадкой. Однако еще до окончательного решения этой проблемы можно рекомендовать про-

---

<sup>1</sup> Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976, с. 174—175.

изводить профессиональный отбор лиц для работы в условиях повышенных (в сравнении с естественными) ЭМП. А при организации рабочего дня руководителям следует учитывать и то обстоятельство, что в вечерние часы один и тот же организм более чувствителен к ЭМП, чем в утренние.

Самым драматическим является факт различной оценки предельно допустимых уровней ЭМП радиочастот на производствах в США и в СССР. В нашей стране этот показатель в 1000 раз ниже, чем в США и в других капиталистических странах. Однако более подробно об этих кричащих противоречиях мы поговорим позже.

В работах последних лет подтвердилось мнение о большой чувствительности к магнитным полям молодых организмов. Данное обстоятельство необходимо учитывать не только в профессиональной, но и в коммунальной гигиене, т. е. не только на производстве, но и в быту. Украинские гигиенисты собрали факты, доказывающие влияние уровня искусственного электромагнитного фона, создаваемого радио- и телестанциями, на успеваемость киевских школьников.

Этот пример уже демонстрирует тесную связь гигиенической оценки ЭМП с их экологической значимостью. Иными словами, не только искусственные усиленные ЭМП обладают биологическим действием (чаще неблагоприятным), но и колебания интенсивности естественных ЭМП вызывают изменения в протекании различных биологических процессов, на что указывал основатель гелиобиологии А. Л. Чижевский<sup>2</sup>.

В исследованиях ленинградских нейрофизиологов показано, что характер электрической активности отдельного нейрона головного мозга электрического скачка определялся направлением магнитных силовых линий. При одном направлении силовых линий нейрон учащал частоту своих разрядов, а при другом разряды возникали реже, чем в фоне. Результаты были получены при использовании ЭМП, близких к естественным. Дополнительные данные были получены при изучении ориентации рыб (угорь, лосось) и птиц в экспериментальных условиях. Как видно из данного абзаца,

---

<sup>2</sup> А. Л. Чижевский. Земное эхо солнечных бурь. М., «Мысль», 1973.



внимание исследователей сосредоточено на выяснении физиологического механизма ориентации животных по магнитному полю. Такие исследования проводятся в разных странах, и их результаты все больше укрепляют гипотезу об экологической значимости ЭМП.

Не обошли эту проблему и палеонтологи. Результаты работы нескольких экспедиций, изучавших дно в глубоководных районах Атлантического океана, показали, что смены видового состава морских беспозвоночных — радиолярий и фораминифер — совпадают по времени с периодом смены магнитных полюсов Земли (полярных инверсий). Поскольку речь идет о глубинной фауне, роль ионизирующей радиации здесь не обсуждается (она просто туда не доходит). Так палеонтологи по необходимости тоже начинают приобщаться к электромагнитной биологии, что особенно громко прозвучало на совещании «Космические факторы и эволюция органического мира» (М., 1974 г). Конечно, практически эту гипотезу можно будет проверить только через 80 миллионов лет после очередной инверсии полюсов, но для магнитобиологии, которая является преимущественно экспериментальной наукой, воспитание экологического мировоззрения у исследователей играет важную роль.

Если вспомнить недавнее прошлое, то можно прийти к заключению, что за короткий срок (15—20 лет) оценка биологической роли магнитных полей в глазах научной общественности прошла нелегкий путь от отрицания их биологического действия до признания за ними роли одного из факторов эволюционного процесса.

Уместно упомянуть о новом космическом факторе — смене секторов межпланетного магнитного поля. Последние достижения связаны с именем советского геофизика С. М. Мансурова. Со сменой секторов коррелируют многие биологические процессы (рис. 2). Этот пример еще раз ярко доказывает междисциплинарный характер электромагнитной биологии, которая черпает свои идеи из очень разных источников.

Говоря о конечных целях электромагнитной биологии, кратко их можно определить как изучение возможности управления деятельностью биологической системы с помощью изменения параметров воздействующего электромагнитного поля и изучение электромагнитных свойств биообъектов для диагностики их состояния.

Задача управления является кибернетической по своей сути, а потому требует точного знания параметров управляющей системы (биотропности различных параметров воздействующего электромагнитного поля) и знания параметров управляемой системы, т. е. особенностей биообъекта, а также осуществления обратной связи (желательно автоматической).

Из биотропных параметров электромагнитного поля, изменения которых может вызвать тот или иной биологический эффект, можно перечислить восемь: составляющая (электрическая или магнитная), напряженность, градиент, частота, форма импульса, вектор, экспозиция и локализация. Имеется надежда, что вариации этих параметров, как вариации нот в музыке, помогут создавать симфонии управления. Можно констатировать, что эта задача нелегкая.

Ее трудность определяется не только со стороны воздействующего фактора, но и со стороны «слушателя», если продолжать музыкальные сравнения. Параметров деятельности биообъектов намного больше восьми, потому требуется оценивать какую-то обобщенную реакцию организма. Такую роль может выполнять неспецифическая реакция повышения резистентности организма к вредоносным воздействиям. Гипотеза о возможности управления таким состоянием организма (что-то вроде предстресса по Селье) была высказана ростовскими онкологами и зафиксирована в качестве открытия в начале 1975 года. Хотя формулировка открытия выходит за пределы электромагнитной биологии, включение магнитного поля в число факторов, повышающих неспецифическую резистентность к опухолевому процессу (Ростов-на-Дону), инфекционным воздействиям (Томск), ионизирующему излучению (Москва), факторам высокогорья (Фрунзе) и т. д., имеет знаменательное значение. (В скобках указаны города СССР, где затронутые вопросы изучаются наиболее интенсивно, хотя они исследуются и в других местах.)

Таким образом, самая древняя отрасль электромагнитной биологии, магнитотерапия, зародившаяся еще на заре нашей цивилизации, начинает приобретать теоретическое обоснование.

Повышение резистентности организма прежде всего связано с деятельностью нервной и эндокринной

систем, которые, в свою очередь, вовлекают в процесс и другие системы организма.

Это обстоятельство позволяет использовать в качестве обратной связи изменения со стороны любой системы организма. Ростовские онкологи, например, используют показатели системы крови для определения тактики дальнейшего магнитного воздействия, т. е. решают, продолжать такое же магнитное воздействие, усилить его или ослабить. Эффективность лечебного действия после учета обратной связи, иначе говоря, при индивидуальном подходе к пациенту, резко повысилась. Таким образом, мы уже имеем пример принципиальной возможности управления течением патологического процесса, и дальнейшая задача заключается в совершенствовании этих приемов.

Переходя к достижениям в области регистрации магнитных полей, создаваемых биообъектами, следует отметить прежде всего повышение чувствительности датчиков, регистрирующих слабые магнитные поля любого происхождения: из космоса или из мозга. Нобелевский лауреат 1973 года Б. Ф. Джозефсон предсказал неизвестные ранее явления в туннельных переходах, образованных двумя сверхпроводниками, в случае если они разделены тонким слоем диэлектрика. Ток, текущий через переходы, очень сильно зависит от внешнего магнитного поля, что позволило использовать это явление в чувствительных магнитометрах, получивших сокращенное название СКИП (сверхпроводниковый квантовомеханический интерференционный прибор). При за мере градиента магнитного поля СКИП позволяет избавиться от дорогостоящей экранирующей камеры, что резко повысило возможности регистрировать магнитные поля сердца и мозга человека. К настоящему времени опубликовано около ста работ по этой теме, защищено около десятка диссертаций и увеличилось число стран, где проводятся такие исследования. Большая информативность магнитограммы (в сравнении с электрограммой) и простота процедуры бесконтактной регистрации позволяют предсказывать этому методу большое будущее.

Современная биология в основной своей части построена без учета роли ЭМП в функционировании биосистемы и в ее связях с окружающей средой. Однако успехи в развитии различных дисциплин (особенно

важны кибернетика и космическая биология) заставляют внимательнее приглядеться к этому новому (для исследователей, но не для природы) фактору существования биосистемы.

До сих пор мы обсуждали примеры прямого действия «электромагнитного океана», питаемого естественными и искусственными источниками, на различные биологические системы. Было отмечено гигиеническое, терапевтическое, диагностическое и экологическое направление в обширной электромагнитной биологии, практические выходы которой возможны в медицине и ветеринарии, в зоологии и растениеводстве и в других отраслях практической деятельности человека.

Важно подчеркнуть, что в естественных условиях все океаны — водный, воздушный и электромагнитный — взаимодействуют между собой. Воздух, специально обработанный ЭМП, становится ионизированным. В зависимости от заряда ионов биологическое действие такого воздуха изменяется.

Водные растворы, обработанные ЭМП, также могут менять свои биологические свойства. В опытах на животных сотрудники Института гигиены труда им. Ф. Ф. Эрисмана установили, что водопроводная вода, обработанная магнитным полем напряженностью 2000 Э, еще не вызывает серьезных изменений в организме. Когда же крысы начинали пить воду, обработанную магнитным полем более сильным (5000 Э), возникали предпатологические изменения в нервной и кровеносной системах, а также в системе крови. Как раз такого рода обработка воды магнитным полем планируется для технологических целей (например, чтобы снизить образование накипи в котлах) в некоторых городах. Мы видим, что гигиенисты вносят свои коррективы в технологические планы, заставляя учитывать даже косвенные влияния (неблагоприятные) промышленности на здоровье человека.

Нам известна только одна работа о влиянии искусственного ослабленного магнитного поля на биологические свойства водных растворов. Интересно, что в этой работе Л. В. Паркулаб сравнивалось действие усиленных (430 Э) и ослабленных (в несколько десятков раз в сравнении с геомагнитным полем) посредством экранировки магнитных полей на свойства физиологического раствора. Обнаружено, что «омагниченные» раство-

ры примерно в 2 раза увеличивали частоту ритма сокращений вакуоли одноклеточного организма туфельки, а «экранированные» растворы приводили к уменьшению частоты сокращений.

Таким образом, показано, что ослабленные магнитные поля не только меняют биологические свойства водных растворов, но и меняют их в другом направлении, нежели усиленные искусственные магнитные поля. Если такие выводы подтвердятся, то в дальнейшем можно будет говорить о возможности «деомагничивания» водных растворов и о зависимости природной воды (вернее, ее биологических свойств) от места и времени ее потребления, поскольку на нее могут влиять магнитные бури, магнитные аномалии, промышленное «электромагнитное загрязнение» и т. д.

Почему же именно теперь биологи и медики заинтересовались ЭМП? Дело в том, что начавшаяся эра освоения космоса наложила свой отпечаток и на многие чисто земные дела. В значительной степени это сказалось и на электромагнитной биологии. Ее развитие тесно коррелирует с успехами в освоении космического пространства. Наиболее интенсивно работы по электромагнитной биологии ведутся в главных космических державах: СССР и США<sup>3</sup>.

Полеты первых космических кораблей обострили интерес к обсуждаемой проблеме. Расставаясь с Землей, космонавт теряет не только земное притяжение, привычную воздушную среду и многие другие необходимые для жизни условия — он покидает и земное ЭМП. С другой стороны, защиту космического корабля от вредных ионизирующих излучений конструкторы надеются осуществить при помощи искусственного мощного ЭМП. Таким образом, космонавт и другие биологические объекты космического корабля скорее, чем кто-либо другой, будут находиться длительное время и в очень сильном и в очень слабом МП. Повлияют ли такие изменения на жизнедеятельность организма?

Формулируя этот вопрос, мы уже переходим к биоэффектам искусственных ЭМП (ослабленных или усиленных в сравнении с естественным ЭМП). Известно,

---

<sup>3</sup> См.: С. М. Майкельсон. Радионизлучения. Магнитные и электрические поля.— В кн.: Основы космической биологии и медицины. М., «Наука», 1975, т. 2, кн. 2, с. 9.

что экспериментальная проверка значимости того или иного фактора среды для биологических процессов включает в себя обычно опыты в естественных условиях и в условиях контролируемого уменьшения или увеличения исследуемого фактора.

После искусственного ослабления ГМП (путем экранирования или создания компенсирующего ЭМП) отмечали изменения деятельности зрительного анализатора у человека, нарушение двигательной активности и обменных процессов у мышей, исчезновение ориентации у птиц, рыб и насекомых. Эти сведения показывают, что с каждым шагом в изучении биосферы человечеству приходится еще и еще раз убеждаться в том, что земная жизнь чрезвычайно тонко пригнана к земным условиям существования, в частности к земным ЭМП.

Имеются животные (некоторые виды рыб), у которых найдены специализированные электрорецепторы и электрогенераторы. У этого класса позвоночных ЭМП биологического происхождения используются при обороне и нападении, при пространственной ориентации и при общении между особями одного вида. Возможно, у них имеются своеобразные «электромагнитные ощущения», позволяющие рыбам по-своему «видеть» окружающий мир. Однако для большинства других животных, включая и человека, электромагнитный «океан» остается чаще всего незримым, но важность его с каждым годом выявляется все отчетливее.

Если в среднем число научных публикаций удваивается каждые десять лет, то в области электромагнитной биологии этот процесс проходит намного быстрее. Например, в СССР за последние 25 лет защищено около 50 диссертаций по магнитобиологии, причем 40 из них защищены за последние 6 лет. Примерно такое же соотношение наблюдается при анализе числа публикуемых статей по электромагнитной биологии в мировой научной литературе.

Цель настоящей книги — показать широкой общественности достижения электромагнитной биологии в семидесятые годы нашего столетия (прежние достижения отражены в соответствующих публикациях), отметить трудный путь познания взаимодействия биологических систем с окружающей средой и приобщить читателя к решению увлекательных задач биологии, которая становится лидером естествознания.

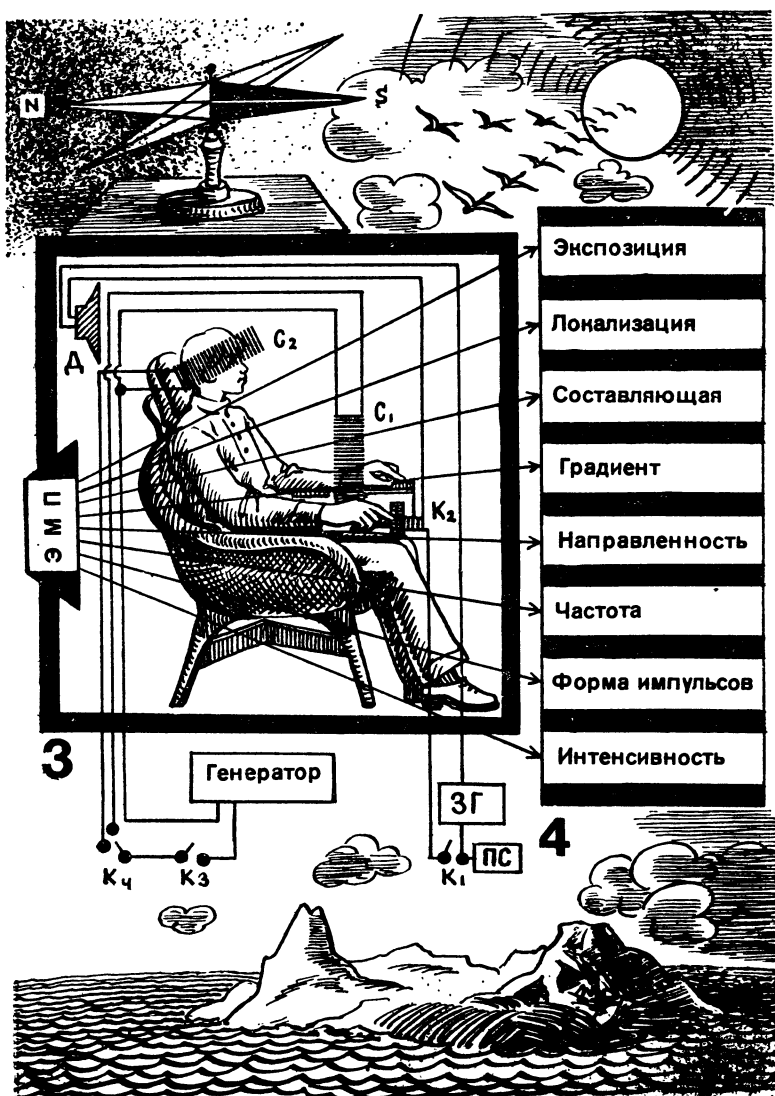


Рис. 3. Биотропные параметры электромагнитных полей. Рис. 4. Схема экспериментов по определению чувствительности человека к магнитным полям. Описание в тексте

*Самая настоятельная необходимость в оценке биологического действия электромагнитных волн, электромагнитного поля, электрического и магнитных полей заключается в установлении реалистической перспективы в отношении природы этих лучистых энергий и возможных эффектов при их воздействии.*

*(профессор С. М. Майкельсон)*

Каждый водный океан имеет свою глубину и соленость, свои течения и температуры, свои моря и реки. Обладает своими качествами и электромагнитный океан, источниками которого служат естественные процессы и искусственные. Сразу же хочется отметить существенную разницу между океанами. Если водные просторы созданы естественным путем, то окружающие нас ЭМП преимущественно искусственного происхождения. Как иногда шутят астрономы: «Наша планета светит ярче Солнца..., если иметь в виду радиочастотный диапазон излучений».

В пределах наших биологических интересов существующие ЭМП по способу происхождения можно разделить на четыре разряда (табл. 1). Прежде всего биологов должны интересовать естественные ЭМП, которые делятся на внешние (космического, географического или биологического происхождения) и внутренние, которые генерируют различные структурные уровни организма. Затем следуют искусственные ЭМП, которые в сравнении с геофизическими можно поделить на ослабленные и усиленные.

Признавая относительность приводимого нами подразделения существующих ЭМП, мы полагаем, что оно тем не менее позволяет провести систематизацию накопленных данных по биологическому действию ЭМП, но к детальному описанию этого действия мы еще не раз вернемся.

Проводимое разделение основывается на гипотезе экологической значимости естественных ЭМП. Надо сказать, что из четырех разрядов ЭМП, помещенных во



Таблица 1

**Подразделение существующих электромагнитных полей  
относительно биообъекта**

Происхождение ЭМП	Характеристика ЭМП относительно биообъекта и геофизических условий	Источник или способ создания ЭМП
Естественные	Внешние	Космос Геофизические процессы Биообъект
	Внутренние	Системы организма Клетки Внутриклеточные образования Биомолекулы
Искусственные	Ослабленные	Экранирование Создание противополозя
	Усиленные	Различные технические генераторы

втором столбце табл. 1, только последний, где речь идет об усиленных ЭМП, может быть подкреплён достаточно обширными экспериментальными исследованиями. Остальные разделы включают ЭМП, биологическое действие которых ещё надо изучать да изучать, чтобы усвоить основные принципы этого действия. Однако независимо от источника, его породившего, ЭМП остаётся ЭМП со всеми характеризующими его параметрами.

Описание установленных на сегодняшний день физических параметров ЭМП приводится в соответствующих учебниках, но не все они интересуют нас в первую очередь. Речь должна идти о биотропных параметрах ЭМП, т. е. о тех характеристиках ЭМП, изменение которых при сохранении неизменными других характеристик вызывает изменение каких-либо биологических процессов. Следовательно, мы в отличие от физиков, которые используют пробный заряд, должны описывать ЭМП как часть пространства, в котором изменяется по-

ведение биологической системы. В историческом плане события так и развивались. Еще до возникновения самого понятия «заряд» или «ЭМП» человек помещал самого себя в небольшие в те времена магнитные поля естественных магнитов или в электрические поля натертого янтаря и смотрел, что из этого выйдет. Тогда еще не было сегодняшней научной любознательности, и воздействию ЭМП подвергались только заболевшие люди (здоровые занимались более неотложными делами). Случай излечения позволял делать вывод о лечебном, а значит, и о биологическом действии ЭМП.

На рис. 3 схематически изображены основные параметры ЭМП, обладающие биологической эффективностью. Чаще всего (и вполне обоснованно) исследователи, изучающие биологическое действие ЭМП, предпочитают ограничиваться характеристикой только интенсивности используемого ЭМП. Здесь не место детально разбирать все сложные вопросы дозиметрии ЭМП. Укажем только, что чаще всего ЭМП радиочастотного диапазона измеряются падающей плотностью потока мощности в  $\text{мВт/см}^2$ , электрическая составляющая — напряженностью в  $\text{В/м}$ , а магнитная составляющая — индукцией в  $\text{А/м}$  или напряженностью в Э. Можно поверить на слово, что простая с первого взгляда процедура измерения ЭМП превращается в сложнейшую самостоятельную проблему, когда сама биологическая система вносит искажения в то ЭМП, которое существовало до внесения объекта. Важность проблемы дозиметрии отмечает и профессор С. М. Майкельсон, одно из высказываний которого мы взяли в качестве эпиграфа к этой главе. Он автор статьи о биологическом действии ЭМП в совместном советско-американском многотомном издании «Основы космической биологии и медицины». Сравнительно легче измерять магнитные поля, и отчасти поэтому мы в своих исследованиях предпочитали использовать именно их.

Что же можно сказать о наименьшей интенсивности ЭМП, воспринимаемой биологическим объектом?

Нам известны следующие минимальные пороговые интенсивности: около  $2 \text{ мкВт/см}^2$  для ЭМП сверхвысокочастотного диапазона, установленная при изменении двигательной активности птиц; около  $10^{-4} \text{ В/м}$  для электрического поля, установленная при выработке условных рефлексов у электрических рыб, и около

$10^{-5}$  Э для магнитного поля, установленная при изучении свойств лейкоцитов крови человека. Эти данные пока уникальны, но они демонстрируют биологическую эффективность ЭМП, сравнимых с естественными.

Томским исследователем Г. Ф. Плехановым высказано мнение, что информационным действием на организм обладают сигналы любой энергетической природы, интенсивность которых заключена в пределах от  $10^{-2}$  до  $10^{-12}$  Вт/см<sup>2</sup> при оптимуме  $10^{-7}$  Вт/см<sup>2</sup>. Приведенные цифры взяты из экспериментальных работ по определению чувствительности специализированных зрительных и слуховых рецепторов человека и в качестве начальной рабочей гипотезы вполне приемлемы.

По аналогии с параметрами электрической составляющей ритма возбужденного рецепторов полагают, что наиболее выраженным действием на организм должны обладать сигналы оптимальной интенсивности, представленные последовательностью миллисекундных экспоненциальных импульсов с частотой  $200 \div 400$  имп/сек. При исследовании электрического поля в качестве условного раздражителя авторам удалось показать, что условная реакция избегания у крыс в лабиринте лучше всего вырабатывается при частоте следования экспоненциальных импульсов 300 в секунду и при напряженности 0,5—0,8 В/м.

Приведенные рассуждения характеризуют явления только с одной стороны. В обычных океанах имеются не только приливы, но и отливы. Так вот, оказывается, что биологическое действие возникает не только при увеличении ЭМП, но и при его уменьшении. Имеется что-то похожее на «реакцию на выключение» или на «феномен реадаптации». Иными словами, для биологического эффекта важна степень изменения ЭМП в сравнении с его естественным значением. Возможно, ослабленное ЭМП оказывает не меньшее биологическое действие, чем усиленное. Если ограничиться анализом реакций только нервной системы, то следует отметить, что сведений о влиянии ослабленных ЭМП на деятельность мозга пока мало.

Обобщая сведения о действии ослабленных ЭМП на ЦНС, нужно напомнить, что этот физический фактор оказывал влияние на деятельность зрительного анализатора человека и на ориентацию по ГМП у птиц, рыб и насекомых. Следует добавить, что после пребывания

в ослабленных ЭМП на протяжении нескольких поколений мышцы уменьшали свою двигательную активность и предпочитали чаще находиться в несвойственной обычным мышам позе, лежа на спине.

Таким образом, только начальный анализ реакций биологических систем на интенсивность ЭМП демонстрирует сложность проблемы. Необходимо упомянуть, что увеличение интенсивности не обязательно приведет к увеличению биологического эффекта.

В радиобиологии, изучающей влияние на биологические объекты ионизирующих излучений, имеется понятие дозовой зависимости, выражающее зависимость эффекта от интенсивности и длительности воздействия. Хотя экспозиция воздействия является одним из биотропных параметров ЭМП, линейной зависимости эффекта, как и в случае анализа интенсивности ЭМП, мы не находим.

Нужно отметить, что организм реагирует на ЭМП средней интенсивности как бы нехотя. Реакции нервной системы, например, возникают через длительный латентный период, в тысячу раз превышающий соответствующий показатель реакции на свет или звук. Если в последнем случае мы можем регистрировать изменения в нервной системе через несколько миллисекунд после начала действия раздражителя, то при действии ЭМП мы обнаруживаем реакцию только через несколько секунд после включения генератора.

Поздно возникшая, эта реакция поздно и заканчивается. Так, у животных, побывавших в переменном магнитном поле на протяжении нескольких часов, обнаруживали изменения в строении тканей различных органов на протяжении месяца. Это длительное последствие свидетельствует о влиянии ЭМП на какие-то регуляторные механизмы органов и тканей, нарушение которых может сказываться долгое время после прекращения воздействия.

Нужно помнить, что организм сам борется против всяких нарушений. Этот процесс, называемый привыканием или адаптацией, приводит к тому, что изменения, возникающие в начале длительного воздействия ЭМП, вскоре проходят, хотя наш раздражитель продолжает действовать. Однако в этот момент организм нельзя назвать нереагирующим, так как прекращение воздействия вызовет реакцию реадaptации.

Биологическая система может «уходить» от действия ЭМП не только в переносном смысле, о чем мы только что говорили, т. е. включая свою адаптационную защиту, но и в прямом, т. е. перемещаясь в область пространства с меньшей интенсивностью ЭМП. Существование такого предпочтения (преферендума) более слабых магнитных полей было показано на мышах в опытах американского исследователя П. Рассела. Другие примеры демонстрируют тот факт, что неоднородность (градиент) ЭМП является новым биотропным фактором.

Когда нарочито воздействовали ЭМП узкой локализации, например, только на голову или только на конечности, то получали разные эффекты. Например, при одинаковых по интенсивности и длительности воздействиях реакции при воздействии на голову были больше, чем при воздействии на конечность. Узкий пучок ЭМП радиочастотного диапазона, направленный на височную область коры больших полушарий головного мозга человека, мог вызвать ощущение своеобразного «радиозвука» даже у глухих людей. Эти примеры, хотя их пока мало, четко показывают роль локализации в качестве одного из биотропных факторов ЭМП.

Чтобы закончить перечисление пространственных биотропных факторов ЭМП, мы должны сказать хотя бы несколько слов о векторе ЭМП, роль которого особо значима при ориентации животных и растений по ГМП.

Если колебания интенсивности ЭМП, о которых речь впереди, как бы помогают биологическим объектам ориентироваться во времени, то векторный характер ГМП помогает им ориентироваться в пространстве. Наиболее широко известна гипотеза об ориентации птиц по ГМП при далеких миграциях.

Лабораторные опыты показали, что у многих видов птиц, кроме доминирующей звездной ориентации при миграции, существует и дублирующая ориентация по ГМП. Последняя вступает в строй только в том случае, если нельзя работать по первой. Таким образом, сегодня орнитологи утверждают, что птицы могут ориентироваться по многим сигналам, в том числе и по ГМП. Следовательно, в сложной проблеме ориентации птиц нужно учитывать и их способность ориентироваться по ГМП. Последнее утверждение касается не только ориентации птиц, но и рыб, насекомых, а также других жи-

вотных и даже растений, роль ГМП для которых обнаруживалась в полевых и лабораторных экспериментах.

Американские исследователи в лабораторных условиях показали, что вертикально направленное магнитное поле вызывает гибель большого числа личинок устриц, тогда как такое же поле, но с горизонтальным вектором не вызывает летального эффекта. Вариации этого биотропного фактора во время воздействия искусственных магнитных полей, т. е. периодическая смена направления магнитного поля, увеличивали реакцию со стороны клеток роговицы глаза у мышей (в одном случае) и со стороны процессов дыхания у дрожжей (в другом случае).

Мы можем высказать предположение, которое поддерживается уже многочисленными фактами, что вариации биотропных параметров ЭМП вызывают более выраженный биологический эффект, чем их статические значения. С этой точки зрения переменные магнитные или электрические поля (в сравнении с постоянными), импульсные ЭМП радиодиапазона (в сравнении с непрерывными) можно рассматривать как вариацию интенсивности ЭМП во времени, характеризующую таким биотропным параметром, как частота. Здесь же уместно упомянуть и о характере изменения интенсивности ЭМП во времени, т. е. о следующем биотропном параметре, о форме импульса.

Показано, что ЭМП, имеющие экспоненциальный импульс при прочих равных биотропных параметрах, действуют сильнее, чем имеющие прямоугольный импульс, а эти ЭМП в свою очередь действуют сильнее, чем имеющие синусоидальные импульсы.

Уже те отрывочные сведения, которые мы имеем относительно существования различных биотропных параметров ЭМП, показывают, что ЭМП даже с физической стороны характеризуются как достаточно сложное явление материального мира. Хотя самым важным биотропным параметром следует считать интенсивность, другие можно описывать как ее вариации в пространстве (градиент, вектор, локализация) или во времени (экспозиция, частота, форма импульса), учет только этого параметра нельзя считать достаточным при описании условий эксперимента. Необходимо описывать все перечисленные семь биотропных параметров, чтобы другой исследователь мог детально воспроизвести

условия опытов и его результаты. Если добавить еще к этим рекомендациям учет естественной электромагнитной обстановки, фиксацию других факторов среды (неэлектромагнитной природы) и полное описание исследуемого биологического объекта, то остается учесть последний в нашем перечне биотропный параметр — составляющую ЭМП.

Составляющих этих всего две: электрическая и магнитная. В особых условиях (при постоянных полях) мы можем иметь дело только с магнитной или только с электрической составляющей, но чаще всего (особенно в естественных условиях) и та и другая составляющие влияют на биологический объект. Предполагают, что магнитная составляющая вызывает большую биологическую реакцию, чем электрическая.

Как можно видеть, для доказательства биотропности разных параметров ЭМП пришлось приводить отрывочные данные из очень разных публикаций, вовсе не предназначенных для изучения именно этой проблемы. Вообще, для строгого доказательства и тщательной количественной оценки роли всех биотропных параметров ЭМП необходимо такое количество экспериментального материала, что его не смогло бы набрать и все человечество на протяжении нескольких сотен лет, если бы даже оно забросило все прочие дела и занялось только электромагнитной биологией.

Однако иллюстративный материал для доказательства правильности подходов к проблеме можно получить и в одной лаборатории на протяжении нескольких месяцев работы.

На фоне устоявшихся воззрений относительно отсутствия возможности ощущать магнитные поля человеком (не считая возникновения ощущения вспышек света при действии переменным магнитным полем на голову) было довольно рискованно проверять опыты исследователей прошлого века, влияя магнитным полем на руку человека и регистрируя время возникновения их смутных ощущений. Однако об опытах следует рассказать подробнее.

Источниками ПМП напряженностью около 40 Э служили соленоид, питаемый постоянным током, или постоянный магнит в виде бруска. Испытуемый размещался на кресле в темной заглушенной камере. Включение соленоида или поднесение магнита производилось

находящимся вне камеры экспериментатором 6—10 раз за опыт с интервалом 40—160 с.

В другой серии опытов испытуемый должен был определить наличие или отсутствие магнита под деревянной крышкой, расположенной на столе в обычной экспериментальной комнате. Ассистент, который не наблюдал процедуру угадывания, в случайном порядке размещал (или не размещал) магнит под крышкой. Экспериментатор, не знавший, что находится под крышкой, просил испытуемого положить руку на крышку, отсчитывал время угадывания по секундомеру и вел протокол опыта.

Во всех опытах при возникновении ощущения испытуемый давал сигнал экспериментатору, который отмечал время возникновения ощущения независимо от того, совпадал этот ответ с воздействием ПМП или не совпадал (ложная тревога).

Чтобы исключить влияние тактики экспериментатора на процесс возможного угадывания испытуемым момента включения электромагнита или соленоида, опыты проводили разные исследователи, среди которых, кроме автора настоящей книги, нужно назвать Ю. В. Берлина, Г. Ф. Плеханова и болгарского биофизика Д. Генкова. Включать или не включать источник магнитного поля каждую минуту, решал жребий.

Современным, но дорогим, следует считать форму автоматизированного эксперимента, когда экспериментатора заменяла электронно-вычислительная машина «Днепр», которая случайным образом включала или не включала источник магнитного поля и отмечала с точностью до одной миллисекунды время подачи сигнала испытуемым, независимо от того, действовало в это время магнитное поле или нет.

Возможное влияние сопутствующих факторов, предполагаемого нагревания и вибрации источника магнитного поля, проверялось самыми различными способами. Например, набор электромагнитов помещался в закрытый ящик и крутился с определенной скоростью с помощью электромотора, создавая четко ощущаемые шум и вибрацию. На фоне этого «мешающего» действия посторонних раздражителей испытуемый мог отличить момент пропускания через вращающиеся электромагниты постоянного электрического тока от аккумуляторов, что создавало магнитное поле.



Использование слова «момент» здесь, пожалуй, нельзя считать правильным. Дело в том, что ощущение у испытуемого возникало только через несколько секунд после включения источника магнитного поля. Кстати, оно длилось несколько секунд и после выключения источника поля. В сравнении с временем реагирования на обычные раздражители (свет, звук, прикосновение) время реагирования на магнитное поле возрастало более чем в 1000 раз.

Иногда, особенно при действии слабых полей, испытуемый реагировал не на включение, а на выключение источника магнитных полей. Возникло предположение, что регистрируемая реакция обусловлена наведением электродвижущей силы на руку испытуемого в момент включения или выключения поля. Однако в опытах, где постоянное магнитное поле создавалось и выключалось не сразу, а на протяжении 2 секунд, сенсорная индикация магнитных полей исключалась.

Против определяющей роли электродвижущей силы в механизме биологического действия магнитных полей свидетельствуют также опыты, в которых испытуемому давалась инструкция нажимать с частотой раз в секунду на телеграфный ключ все время, пока имеется ощущение магнитного воздействия. В этом случае нажимы начинались через несколько (не менее 5) секунд после медленного создания постоянного магнитного поля и прекращались через несколько секунд после медленного выключения соленоида. Следовательно, может ощущаться само магнитное поле, а не его изменения.

Правда, если постоянное магнитное поле действует несколько минут, то испытуемый к нему привыкает и перестает ощущать, хотя может вновь прореагировать на прекращение воздействия. Таким образом, реакция человека на магнитное поле напоминает реакцию на обычные раздражители, но протекает она в замедленном темпе.

Во всех опытах были получены достоверные данные о наличии сенсорной индикации ПМП избранных параметров. Сходная реакция при использовании соленоида или магнита в виде бруска свидетельствует о том, что человек ощущает именно ПМП, а не возможное слабое нагревание или вибрацию, которые могли возникать при включении соленоида. Судя по характеру этих ощущений (тяжесть, покалывание и т. п.), ПМП, обладая проникающим действием, может непосредственно влиять

на рецепторы кожного анализатора и на рецепторы кровеносных сосудов. Определение вклада этих рецепторов в изучаемую реакцию должно составить задачу дальнейших исследований.

Мы проверяли возможность ощущений других магнитных полей: импульсных (форма импульса прямоугольная) и бегущих (когда 10 соленоидов, надетых на предплечье, включаются последовательно). Испытуемый при этих испытаниях находился в изолированной камере и сидел в удобном кресле (рис. 4). На левом подлокотнике кресла закреплялся соленоид, а на правом — помещался тумблер, с помощью которого испытуемый мог включать сигнал. Другие ключи регулировали время воздействия МП.

На 15 испытуемых было показано, что практически каждый человек может ощущать воздействие ПМП, ИМП и БИМП на руку в виде покалывания, тяжести, появления мурашек и тому подобных неспецифических ощущений. Статистическая обработка большого количества проб обнаруживала существование у испытуемых ощущений, характеристика которых определялась индивидуальными особенностями испытуемых, а также параметрами магнитных полей. Пороговая напряженность для постоянных магнитных полей располагалась около 80 Э, для импульсных магнитных полей — около 30 Э, а для бегущих импульсных магнитных полей — меньше 1 Э.

ПМП, создаваемое постоянным магнитом, также вызывало сенсорные реакции, интенсивность которых зависела от градиента МП. При сравнении МП разных частот (1, 10, 100 или 1000 Гц) обнаружили наибольший эффект при МП 10 Гц.

Увеличенная реакция на определенную частоту магнитных полей (10 Гц) свидетельствует о том, что в биотропных параметрах ЭМП могут быть своеобразные «окна», избирательно влияющие на биологическую систему. Прежде всего наличие «окна» можно было объяснить существованием точно такой частоты в окружающем нас естественном электромагнитном океане. Но для подтверждения этой догадки следовало иметь больше сведений об этом океане.

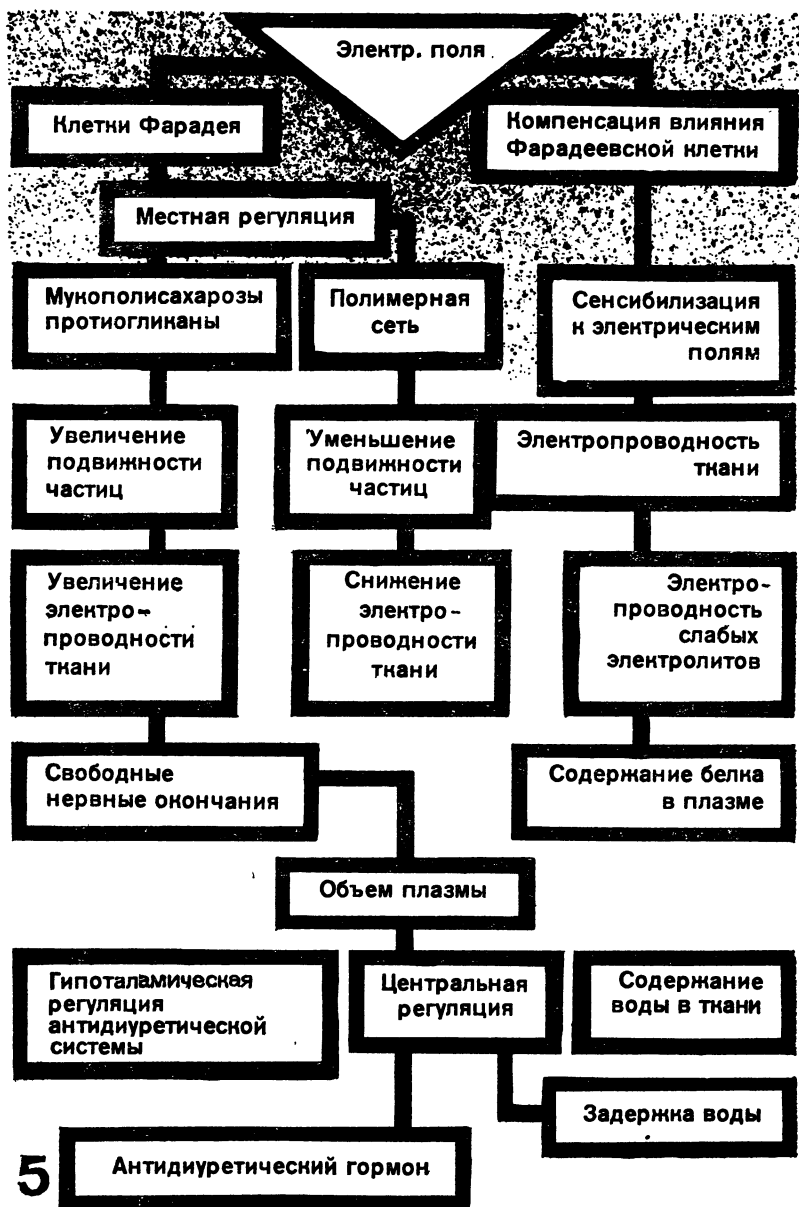


Рис. 5. Предполагаемый «сенсибилизирующий механизм» при воздействии внешних электрических полей на крыс и мышей (по Ланге, 1976)

*Из невидимых излучений нам известны пока немногие. Мы едва начинаем сознавать их разнообразие, понимать стрывочность и неполноту наших представлений об окружающем и проникающем нас в биосфере мире излучений, об их основном, с трудом постижимым уму, привыкшему к иным картинам мироздания, значении в окружающих нас процессах.*

*(академик В. И. Вернадский)*

Безводье связано у нас в сознании с мрачным образом безжизненной пустыни. А если лишить пространство ЭМП, сохранится ли жизнь во всем своем великолепии? В малых масштабах эту гипотезу можно проверить в земных условиях. Гипомагнитные условия достигали или пассивным способом, создавая экран из соответствующих сплавов, или активным путем, противопоставив земному полю искусственное, созданное с помощью соленоида, по обмотке которого протекает электрический ток. В это небольшое пространство на долгий срок стали помещать экспериментальное зверье.

Что же оказалось? Первое поколение мышей, живших и родившихся в условиях лунного магнитного поля (около 100 гамм), росли и развивались быстрее, чем их папаши и мамы, знавшие только земное магнитное поле (около 50 000 гамм, или 0,5 эрстеда). Последующие поколения мышей в уменьшенном магнитном поле уже не отличались своей жизнедеятельностью. Они погибали раньше, чем представители предыдущих поколений. Особенно увеличивалась смертность новорожденных. Выжившие мышата были обычно вялыми и малоподвижными. Многие из них часто подолгу лежали на спине, что так же не свойственно нормальным мышатам, как людям стоять на голове. Кроме ненормальностей в поведении, наблюдались нарушения волосяного покрова. Некоторые взрослые мыши необычно лысели, как по команде, на затылке и ровно по середине спины. Под микроскопом обнаружили, что кожа в месте полысения была толще. Она как бы разбухала и вытесняла корневые мешочки волос.

Детальное исследование внутренних органов обнаружило более драматическую картину. Была нарушена деятельность таких важных органов, как печень, почки, половые железы. Но самое странное было в том, что появлялись опухоли в разных органах. Иногда опухоли нарушали деятельность почек и мочеточников, и мыши гибли в результате отравления организма мочой.

Эти опыты на мышах были проведены американскими учеными Гальперном и Ван Дейком. Но с их результатами неожиданно согласуются те изменения, которые обнаружил уже у растений советский исследователь П. П. Чуваев.

Оказалось, что в ослабленном магнитном поле (10 гамм) зародышевые корешки ржи и гречихи в течение первых двух дней прорастания выглядели крупнее, чем в контроле, который рос в геомагнитном поле.

В культуре дрожжей и азотобактера в ослабленных магнитных полях наблюдали после нескольких пассажей (через 3—4 недели) задержку темпов размножения. Все, как у мышей: поживет живое подольше в слабом магнитном поле, и начинает выявляться неблагоприятное действие этих условий. Как раз неблагоприятный эффект безмагнитности отмечался в большинстве пока еще немногочисленных исследований в этой области.

Наконец, последнее совпадение с мышинными опытами. Наблюдения за ростом изолированных корней пшеницы показали, что больший диаметр корешка в ослабленном магнитном поле обусловлен сохранением более широкого слоя первичной коры, поверхность которой сплошь покрыта своеобразными «раковыми опухолями».

Получается, что и у животных и у растений, помещенных в ослабленное магнитное поле на длительное время, появляются опухоли. Эти результаты льют воду на мельницу теории американского исследователя Мак-Лина, который утверждал, что увеличение числа раковых заболеваний у человека связано со снижением интенсивности геомагнитного поля.

До сих пор мы переносили на род человеческий те результаты опытов, которые получены только на животных и растениях. Строго говоря, такой перенос неправомерен, и вполне возможно, что все рассказанное является не более как «мышьиной возней».

Однако сегодня мы имеем прямые данные относительно влияния магнитного поля лунной интенсивности

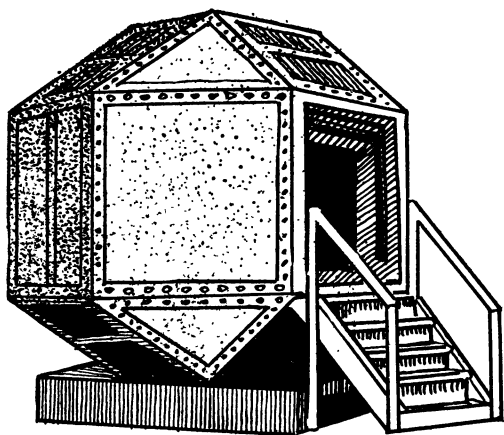


Рис. 6. Внешний вид экранированной камеры

на организм человека. Будущих космонавтов американский ученый Бейшер помещал на 5—10 дней (срок полета до Луны и обратно) в специальную амагнитную комнату (рис. 6) и детально исследовал их физиологическое состояние. Никаких серьезных отклонений не было обнаружено. Однако субъективное ощущение сплошного света в этих условиях наступало при меньшей частоте световых мельканий, чем в условиях нормального магнитного поля у того же человека.

Значительное уменьшение геомагнитного поля через определенный отрезок времени может вызвать существенное изменение процессов жизнедеятельности.

Экранировка от электрических полей также не проходила бесследно для экспериментальных животных. Надолго помещая мышей и крыс в пространство, экранированное от внешних электрических полей металлической сеткой (такое пространство иногда называют камерой Фарадея), советский исследователь И. И. Роман отмечал увеличение смертности животных через две-три недели пребывания в таком экранированном пространстве. Определяя биохимическими методами энергетические затраты организма, автор установил, что по чувствительности к ослабленным электрическим полям некоторые органы животного можно расположить в следующем порядке: мозг, скелетные мышцы, печень, сердце, кровь. Высказано предположение, что в

экранированном от электрических полей пространстве изменяется регуляция обмена веществ в организме и что воздействие реализуется через кожные покровы с подключением прежде всего нервной и эндокринной систем организма.

Такие предположения удачно совпадают с результатами независимых работ швейцарского исследователя С. Ланга, который отмечал, что содержание воды в крови мышей и крыс, помещенных в клетку Фарадея на одну неделю, резко увеличивалось. Это объяснялось задержкой воды в почках. Вследствие этого изменялась концентрация эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина в крови, а также концентрация натрия и калия. Предполагается, что местное увеличение содержания воды должно приводить к диссоциации слабых электролитов в коже, что вызывает деполяризацию свободных нервных окончаний. Это периферическое раздражение вызывает секрецию антидиуретического гормона в гипофизе. В результате задержка воды приводит к сенситизации всего организма к внешним электрическим полям. Организм, экранированный в клетке Фарадея, более интенсивно реагирует на ЭП, чтобы влияние внешних электрических условий сохранять на постоянном уровне.

Существенно, что дополнительное воздействие на животных искусственными электрическими полями напряженностью до 200 В/м и частотой 10 Гц снимало те нарушения водного обмена, которые возникали в экранированном пространстве.

Результаты этих опытов имеют принципиальное значение, поскольку своеобразный искусственный электромагнитный «полив» вернул жизнедеятельность к норме. Мы видим наглядно, что, искусственно меняя электромагнитные условия существования, можно управлять жизнедеятельностью. Знаменательно, что возрождающим свойством обладают искусственные ЭМП, сходные по основным параметрам (интенсивности и частоте) с естественными ЭМП. Если возможно возрождение при «электромагнитной засухе», то невольно возникает мысль о возможности зарождения жизни при участии ЭМП.

Участие энергии ионизирующей радиации, ультрафиолета, электрических разрядов в образовании из неорганических веществ (абиогенный синтез) аминокислот,

составляющих белок, можно считать доказанным. Однако в диссертации В. Ю. Сака, защищенной в Московском государственном университете в 1969 году, указывается на роль относительно слабых (напряженностью несколько десятков эрстед) постоянных магнитных полей в абиогенном синтезе аминокислот. Вернее, в диссертации изучалось преимущественно влияние на абиогенный синтез прямой солнечной радиации и ультрафиолетовых лучей, но несколько опытов было поставлено и с магнитным полем.

После того как водные растворы веществ, содержащие углерод, водород и кислород, а также глины, играющие роль катализаторов и твердой фазы, помещались в искусственные магнитные поля в темноте при разном рН, оказалось, что во всех случаях синтезируются аминокислоты, что определялось хроматографическим методом. Их соотношения и качественный состав менялся в зависимости от длительности воздействия и рН. Самое существенное, что в контрольных опытах, где образцы находились в темноте, но действию магнитных полей не подвергались, не было найдено ни одной аминокислоты. В опытах по воздействию солнечной радиации обнаруживали до 14 разных аминокислот.

В этом смысле магнитное поле оказалось «послабее», помогая синтезу только 9 аминокислот (аргинин, аспарагин, валин, глицин, глютаминовая кислота, лейцин, лизин, фенилаланин, пролин), но в качественном отношении действие магнитного поля отличалось, поскольку только оно вызывало синтез аспарагина. Изменение длительности воздействия, водородного показателя или состава среды и катализаторов влияло на выход аминокислот.

Теперь о геомагнитном поле приходится говорить с большим уважением. Оно не просто щит, охраняющий Землю от смертельной ионизирующей космической радиации. Оно, может быть, является необходимым условием возникновения и существования жизни. И, зная, недаром на Марсе и Венере не находят жизнь: там нет достаточного магнитного поля, как нет его и на Луне. Пускай, пока нам не хватает фактов для создания стройной теории включения ЭМП в жизненные процессы, но их участие уже не исключить. Все живое, появляющееся на Земле, должно было как-то вписаться в картину электромагнитного мира.



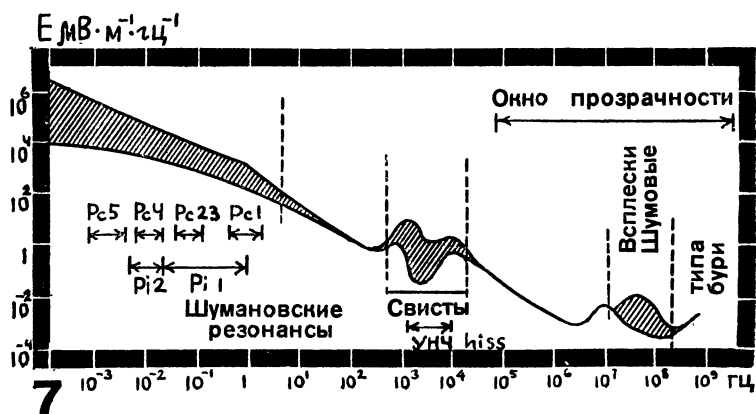
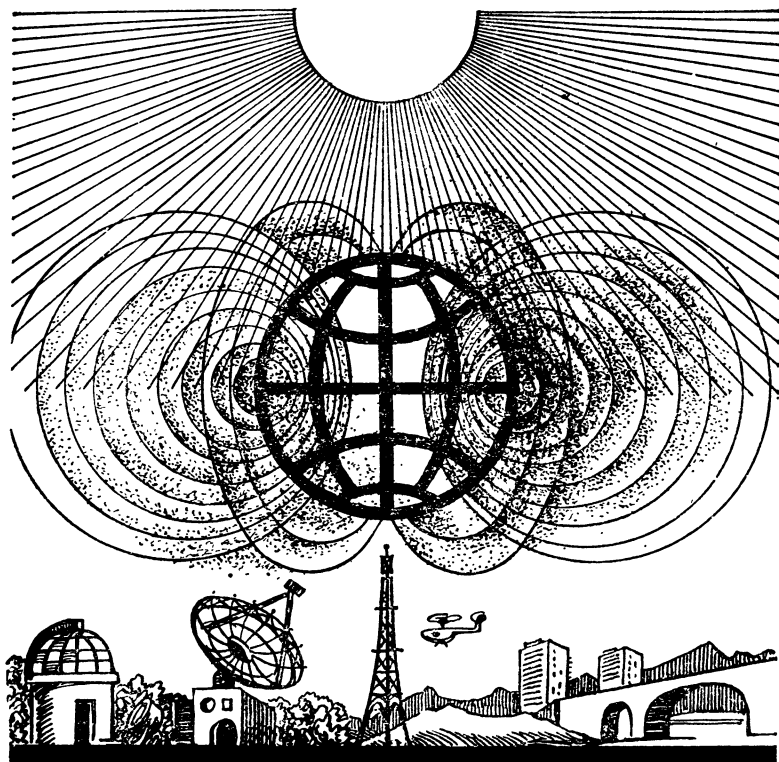


Рис. 7. Спектр электромагнитного поля естественного происхождения у поверхности Земли. Ордината — напряженность электрического поля, абсцисса — частота в Гц, заштрихованы области, где после мощных хромосферных вспышек на Солнце и сопутствующих им магнитных бурь на Земле нарастания напряженности ЭМП.

## Глава III

### Естественные электромагнитные поля в роли дирижера

*На протяжении сотен миллионов лет первичная жизнь развивалась вместе с эволюцией основных неорганических свойств самой нашей планеты.*

*(академик П. К. Анохин)*

Кто не жил на берегу океана, тот не представляет себе, насколько ритм жизни и деятельности человека определяется приливо-отливными изменениями, волнениями на воде и бурями, которые и счастье, и несчастье. Это влияние океана сказывается не только на жизни человека, но и на ритме жизнедеятельности животных и растений, заселяющих берега и прибрежные районы.

Электромагнитный океан в этом смысле подобен водному.

Часто задается такой вопрос: «Что ЭМП в конце концов полезные или вредные?» Ответ не может быть однозначен без детализации вопроса: для кого? когда? какие ЭМП?

Нельзя ответить однозначно, если спрашивают: «Усиливает или уменьшает дирижер звучание ударных инструментов в оркестре?». Он делает и то, и другое. Возвращаясь от музыки к организму, мы можем отметить, что роль первой скрипки в реакциях организма на ЭМП играет нервная система.

Сравнение ЭМП с дирижером позволяет нам проиллюстрировать широту воздействия ЭМП (влияние на все системы организма, как дирижер влияет на все музыкальные инструменты, входящие в оркестр), его разнонаправленность (возбуждение или торможение деятельности отдельных органов, усиление или ослабление отдельных звуков в оркестре) и, главное, его корректирующий характер. Обычно дирижер играет на конкретном музыкальном инструменте хуже, чем соответствующий артист, а реакции организма на ЭМП выявляются

меньше, чем на другие привычные раздражители (свет, звук, запах и т. п.).

Выбирая себе место жительства, человек среди многих необходимых для него условий существования учитывает, конечно, и местные климатические условия. В Молдавию, например, переезжают охотнее, чем в Якутск, потому что на юге «лучше жить». Однако на извечный вопрос: «Что такое хорошо и что такое плохо?» — ответы меняются с течением времени и в связи с успехами изучения условий существования. Жаркое солнце дает о себе знать быстрее, чем, скажем, изменение содержания йода в питьевой воде, и потому о роли микроэлементов в возникновении кретинизма заговорили намного позже, чем о возможности солнечного удара. Таким вот своеобразным «микроэлементом» оказалась и ЭМП.

С каждым шагом в изучении биосферы человечеству приходится еще и еще раз убеждаться в том, что земная жизнь чрезвычайно тонко пригнана к земным условиям существования. В процессе объединения различных наук подчас и далеких друг от друга дошла очередь и до биофизики с геофизикой. Если раньше геофизики только своими техническими средствами характеризовали и магнитные бури и землетрясения, то теперь их начинает интересовать и число инфарктов у людей во время магнитной бури, и поведение животных перед землетрясением. В свою очередь биофизики заинтересовались возможностью биологического действия геомагнитного поля, не оставляя, однако, своих излюбленных лабораторных факторов: электрический ток, ионизирующую реакцию, свет и т. д.

От этого недавнего союза родился пока что еще слабый ребенок, называемый экологической магнитобиологией. Цель этой новорожденной науки — выяснить роль электромагнитного поля в осуществлении биологических процессов.

Почему же раньше биологи и медики совсем не интересовались ЭМП, с чистой совестью описывая все жизненные процессы без учета этого фактора среды?

Дело в том, что начавшаяся эра освоения космоса наложила свой отпечаток и на многие чисто земные дела. В значительной степени это сказалось и на электромагнитной биологии. Ее развитие тесно коррелирует с успехами в освоении космического пространства. Космо-

навт и другие биологические объекты космического корабля, скорее, чем кто-либо другой, будут находиться длительное время и в очень сильном и в очень слабом магнитном поле. Повлияют ли такие изменения на жизнедеятельность?

Чтобы ответить на этот вопрос, не обязательно посылать в космический полет интересующий нас организм. Значительное искусственное увеличение интенсивности магнитного поля вызывало даже смертельный исход, что было обнаружено в опытах на мышах и насекомых, когда напряженность увеличивали в десятки тысяч раз в сравнении с земным магнитным полем. Получается, что и уменьшение, как сказано в предыдущей главе, и увеличение напряженности магнитного поля являются экстремальным повреждающим фактором. Можно предполагать, что на протяжении эволюции биологические системы приспособились к определенному диапазону интенсивности магнитных полей так, как они приспособились к определенной температуре, атмосферному давлению и т. д.

Если такое предположение верно, то биологические системы должны реагировать на изменения геомагнитного поля. Есть ли такие факты?

Используя данные палеомагнетизма, ученые доказали, что смена видов некоторых простейших животных на значительном временном отрезке согласуется с изменениями геомагнитного поля. Недавно украинские исследователи сообщили, что физическое развитие человека в какой-то мере определяется геомагнитным полем.

Эти данные интересны, но для их повторения необходимо набирать факты еще несколько тысяч или лучше миллионов лет. Такая перспектива не каждого вдохновляет. Есть ли другие пути изучения воздействия геомагнитного поля на человека? Многие слышали о существовании магнитных аномалий, т. е. районов, где напряженность геомагнитного поля отличается от окружающих участков местности. Наибольшей известностью пользуется Курская магнитная аномалия. Напряженность геомагнитного поля здесь примерно в 2 раза превышает рядовой показатель для этой местности, что связано с наличием больших запасов железной руды.

Белгородские исследователи М. П. Травкин (заведующий кафедрой ботаники Педагогического института)

и А. М. Колесников (заведующий облздравотделом) уже в 1969 году сравнивали заболеваемость населения в двух примерно равных частях этой области, одна из которых отличалась наличием магнитной аномалии, связанной с повышенной напряженностью геомагнитного поля. Учитывалась обращаемость населения в сельские и районные больницы в течение пяти лет: с 1964 по 1968 год включительно. Анализировали следующие заболевания: нервно-психические заболевания, гипертоническая болезнь, хронический ревматизм, сосудистые нарушения центральной нервной системы, предраковые заболевания кожи, экзема. Почти по всем заболеваниям (кроме предраковых состояний) обнаружена связь между магнитной аномалией и заболеваемостью населения. Особенно показательны в этом отношении нервно-психические заболевания и гипертоническая болезнь, составляющие в аномальных районах в среднем 160% к заболеваемости населения в районах с обычным геомагнитным полем. Что касается ревматизма сердца, сосудистых нарушений центральной нервной системы и экземы, то заболеваемость населения этими болезнями в аномальных районах составляла 120—135%.

Следует заметить, что заболеваемость не является достаточно надежным показателем. Квалификация врача может резко повлиять на этот показатель. Преобладание в одной из сравниваемых групп лиц пожилого возраста тоже может внести искажения. Многие другие неучитываемые причины могут исказить результаты. Нельзя ли судить о влиянии магнитной аномалии по более надежным биологическим критериям?

Орнитолог М. Е. Шумаков, изучая возможность влияния геомагнитного поля на поведение птиц, перевозил их с места вылова (побережье Балтийского моря) в район Курской магнитной аномалии. Оказалось, что зяблики, чечевицы, садовые овсянки, славки-черноголовки и зарянки увеличивали свою двигательную активность под влиянием магнитной аномалии примерно в 2—3 раза.

Энтомолог В. Б. Чернышев, регистрируя двигательную активность насекомых в шести различных районах Советского Союза, отмечал, что только в районе Курской магнитной аномалии не удалось отметить увеличение двигательной активности бабочек во время магнитной бури. Можно думать, что повышенная фоновая на-

пряженность геомагнитного поля может влиять на поведение насекомых.

Если животный мир небезразличен к магнитным аномалиям, то как относятся к ним растения?

М. П. Травкин проследил влияние магнитной аномалии на урожайность некоторых культурных растений. Полученные данные свидетельствуют о том, что урожай озимой пшеницы, ржи, кукурузы, подсолнечника и однолетних трав был ниже в районах с магнитной аномалией. Урожай картофеля, наоборот, в тех же районах имел более высокий показатель.

Немногочисленные пока результаты позволяют предполагать, что естественные аномалии геомагнитного поля могут как-то влиять на тот участок биосферы, который приходится на эти аномалии. Однако всегда остается сомнение в том, что отмеченные различия зависят вовсе не от магнитного поля, а от каких-то других неучитываемых нами причин.

При таких сомнениях взор опять обращается к господину-эксперименту, который дает возможность выделить и непрерывно контролировать именно тот фактор, какой нас интересует.

Высокая чувствительность биологических объектов к искусственным магнитным полям уже отмечалась ранее. Здесь следует добавить, что чешские ботаники обнаружили в 1965 году замедление раскрытия соцветий одуванчиков, растущих на поляне, при создании дополнительного к земному искусственного магнитного поля всего в 0,0028 эрстеда. При длительном воздействии этого поля наблюдали увядание и гибель растений.

Советский энтомолог В. Б. Чернышев наблюдал увеличение двигательной активности жуков в лабораторных условиях при создании слабых искусственных магнитных полей. Сходный эффект слабых магнитных полей (доли эрстеда) заметили А. Л. Эльдаров и Ю. А. Холодов в экспериментах на птицах. Их двигательная активность увеличивалась в магнитном поле в 2—4 раза. Ихтиолог из Калининграда С. И. Глейзер отмечал, что личинки угря предпочитают чаще находиться в той части экспериментальной установки, где магнитное поле менее интенсивно. Подобные результаты получал американский исследователь Д. Рассел в опытах на мышах.

Нужно упомянуть, что влияние слабых магнитных полей обнаруживали не только по изменению поведения животных, но и по изменению их иммунобиологической устойчивости, по изменению деятельности эндокринной и сердечно-сосудистой систем, по изменению системы крови и т. д.

Оказалось, что и люди не безразличны к очень слабым магнитным полям. Правда, не все люди, а только некоторые, особо чувствительные.

Лабораторные исследования, проводимые в сороковых годах нашего столетия профессором геологии Карлсбургского университета С. Тромпом, показали, что наличие постоянного магнитного поля, создаваемого электромагнитом, обнаруживали не все испытуемые. Порог восприятия был меньше 0,001 Э/см. Латентный период реакции равнялся 5—18 с. Перемена направления тока в электромагните не влияла на реакцию. Когда испытуемым завязывали глаза и затыкали уши, испытания проходили успешнее. Обычно правильных ответов было около 50%, а здесь число успешных реакций доходило до 80%. Чувствительность к магнитному полю зависела от времени дня. Алкогольное опьянение снижало чувствительность. Влияние магнитного поля иногда обнаруживалось и в изменении кожно-гальванической реакции.

В шестидесятых годах профессор физики Парижского университета Ж. Рокар в эксперименте показал, что некоторые люди могут обнаруживать искусственное магнитное поле с градиентом в десятитысячную долю эрстеда на метр.

Львовские исследователи под руководством В. Н. Михайловского показали в 1969 году, что у некоторых людей изменяется электрическая активность мозга и высшая нервная деятельность при действии магнитных полей около 250 гамм. В клинике Карлова университета (Прага) на протяжении многих лет И. Новак использует слабые магнитные поля (40—280 гамм) для лечебных целей.

Следовательно, искусственно создаваемые «магнитные аномалии» могут влиять на самые различные биологические объекты, и тем самым экологическая магнитобиология приобретает права гражданства. Однако в орбиту интересов этой науки должны входить не только пространственные вариации геомагнитного поля, охва-

тывающие значительные участки моря и суши, но и временные изменения этого геофизического фактора. Правда, здесь уже к союзу геофизики с биофизикой должна присоединиться «крестная мама» — астрономия, так как колебания магнитного поля Земли тесно связаны с активностью Солнца.

Эта ветвь экологической магнитобиологии переплетается с гелиобиологией, призванной изучать влияние солнечной активности на биосферу. Основатель гелиобиологии А. Л. Чижевский не считал, что солнечная активность влияет на биосферу только через изменение геомагнитного поля. Биологически активным фактором могли быть и радиоволны (рис. 7), и аэроионы, и ионизирующие излучения.

В электромагнитной биологии сегодняшний день характеризуется расцветом исследований по биологическому действию радиоволнового диапазона. Их научились создавать, их научились измерять, их научились сопоставлять с изменениями биологических процессов.

Но уже брезжит заря низкочастотных ЭМП, среди которых на первое место претендуют ЭМП промышленных частот (50 Гц в СССР и 60 Гц в США). Само название частот указывает на их распространенность, а успехи медико-биологических исследований начинают срывать с них маску безобидности.

Однако с биологической точки зрения фаворитами в этом необычном соревновании следует назвать ЭМП с частотами, близкими к естественным ЭМП. Естественность их может определяться или космо-геофизическими источниками, что отмечено на рис. 7, или биологическим происхождением.

В последнем случае преимущественная частота колебаний биопотенциалов головного мозга человека привлекает к себе наибольшее внимание.

В наше время внимание сосредоточилось на альфаритме электроэнцефалограммы человека, имеющем частоту 8—12 Гц. Даже если нейрофизиолог изучает реакции мозга на ЭМП радиоволнового диапазона, он старается модулировать эти радиоволны частотами электроэнцефалограммы.

Не нужно забывать, что ЭМП характеризуются многими биотропными параметрами. Мы говорили сейчас о частоте, но на первое место, вероятно, следует поставить



интенсивность ЭМП. В качестве примера можно взять ГМП.

В конце концов мы можем не знать, чем вызвано изменение геомагнитного поля в данной точке планеты: солнечной вспышкой, залежами железных руд или работой мощного ускорителя. Важно, что эти изменения произошли и их зарегистрировали магнитометры. Тогда результаты сопоставления магнитных данных с биологическими должны относиться к магнитобиологии.

Здесь не стоит перечислять все многочисленные результаты таких сопоставлений. Можно упомянуть, что с интенсивностью геомагнитного поля тесно коррелируют годовой прирост деревьев, урожай зерновых культур, добыча рыбы и пушнины, эпидемии, число обострений инфарктов миокарда, психические заболевания, число автодорожных катастроф и т. д.

Определяя суточную динамику корневых выделений различных растений и сопоставляя эту динамику с колебаниями геомагнитного поля, советский исследователь А. П. Дубров пришел к выводу, что проницаемость клеточных мембран находится под контролем внешнего синхронизатора — магнитного поля. Следовательно, геомагнитное поле может играть роль своеобразного дирижера, благодаря деятельности которого согласованно работает оркестр, называемый жизнью. Удаление дирижера не скажется на существовании музыкантов. Более этого, некоторое время они могут слаженно играть и без дирижера. Но затем неизбежно рассогласование. Если же работа дирижера резко изменяет свой характер, как в случае с сильными искусственными полями, то согласованность игры оркестра нарушится еще скорее.

Эта скорее художественная, нежели научная, картина только описывает, но еще не объясняет значение геомагнитного поля для жизнедеятельности организмов. Упоминание о том, что проницаемость клеточных мембран меняется под влиянием магнитного поля, дает биологическую пищу для раздумий о более интимном механизме этого влияния. Расшифровка механизма действия магнитных полей на биологические объекты — основная задача магнитобиологии.

Однако уже сегодня, еще не зная заветных механизмов, мы можем утверждать, что в число необходимых для нормальной жизнедеятельности факторов входит и

геомагнитное поле. Причем каждый человек в зависимости от функционального состояния (здоровый или больной), возраста, места рождения и других особенностей своего организма будет считать для себя полезным ту или иную интенсивность геомагнитного поля. Но прежде чем говорить детально об отдельном организме, требуется выяснить, как относятся к ЭМП совокупность организмов, т. е. другой уровень организации биологической системы, популяция.

Царства	Т и п	Электромагнитные поля		
		естественные	искусственные	
			усилен.	ослабл.
	Вирусы Бактериофаги Риккетсии	+	+	+
 Растения	Синезеленые водоросли			
	Эвгленовые			
	Зеленые водоросли	+	+	
	Хризодиты			
	Пиррофиты			
	Бурные водоросли			
	Красные водоросли			
	Бактерии	+	+	+
	Миксомицеты	+	+	
	Истинные грибы	+	+	
	Мохообразные	+	+	
	Сосудистые растения	+	+	+
 Животные	Простейшие	+	+	+
	Губки		+	
	Кишечнополостные		+	
	Гребневники			
	Плоские черви	+	+	
	Немертины			
	Круглые черви			
	Скритки			
	Щетинкочелюстные			
	Червеобразные			
	Коловратки			
	Брюхохоресничные			
	Энтропронта			
	Эктопронта			
	Плеченогие форониды			
	Кольчатые черви	+	+	+
	Первичнотрахейные			
	Членистоногие	+	+	+
	Моллюски	+	+	+
	Иглокожные		+	
	Полухордовые			
	Хордовые	+	+	+

Таблица 2

*Все живое каким-то образом строго приспособлено к магнитной компоненте своей среды, и это приспособление играет какую-то важную естественную роль.*

*(профессор Ф. Браун)*

Утверждение типа «все живое вышло из воды» стало настолько банальным, что не вызывает никакой реакции со стороны слушателя. Но предположение о важной роли ЭМП для всего живого требует громоздких экспериментальных обоснований. Конечно, для решающего эксперимента в этой области очень бы пригодился Ноев ковчег, который со всеми его обитателями можно было бы помещать то в усиленные, то в ослабленные ЭМП. Но даже такой умозрительный эксперимент не дал бы окончательного ответа о чувствительности к ЭМП отдельных популяций, ибо, как известно, каждой твари на ковчеге было лишь по паре. А это число маловато для получения статистически значимых результатов. К тому же в паре более чувствительным к ЭМП чаще оказывался мужской организм.

Сегодня принято считать, что живая форма материи существует в виде популяций, которые объединяются в вид, служащий единицей классификации живых организмов. Виды объединяются в род, роды — в семейство, семейство — в отряды (животные) или порядки (растения), отряды — в классы, а классы — в типы. Мы приводим табл. 2, в которой перечислены типы живых существ и их взаимоотношения с электромагнитными полями. Знак плюс означает, что по крайней мере у одного представителя типа зарегистрирована какая-либо реакция на ЭМП.

Вирусы, бактериофаги и риккетсии не относятся обычно к царствам растений или животных. Отмечали изменение их строения и патогенности после воздействия усиленными ЭМП и при колебаниях естественных ЭМП.

Из 12 типов растений реакции на ЭМП изучали у 4 типов, а из 23 типов животных побывали в искусственных условиях ЭМП 8 типов. Случайно вышло так, что треть типов из каждого царства голосует за ЭМП, отвечая на их изменения реакцией. Такие итоги можно считать решающими, поскольку остальные классы не голосовали против.

Из табл. 2 видно, что реакции на ослабленные ЭМП изучали в 2 раза реже, чем на усиленные ЭМП (7 против 13). Наиболее интенсивно изучали представителей класса покрытосемянных сосудистых растений и представителей класса млекопитающих хордовых животных.

Обнаружено, что не все организмы одинаково чувствительны к ЭМП. Больные на них реагируют сильнее, чем здоровые, молодые — сильнее, чем взрослые, мужчины — сильнее, чем женщины. Определенная иерархия чувствительности выявляется и при анализе эволюционного ряда. Отсюда возникает возможность прогнозировать некоторые биологические процессы, зная процессы геофизические.

Многолетние исследования в лабораториях известного американского биолога Ф. Брауна показали, что даже такие низшие создания, как плоские черви и улитки, могут определять геофизические направления в том случае, когда была проявлена тщательная забота для предохранения их от любых обычных раздражителей.

Работая с улитками, которые, выползая из загончика, выбирали определенное направление движений, установили, что возрастание горизонтального магнитного вектора в 10 раз в сравнении с его местным значением увеличило число южных поворотов.

Улитки различали магнитные вектора напряженностью 1,8 Э, расположенные параллельно или под прямым углом к южному направлению, и степень этого различения имела зависимость от солнечного и лунного дня. Параллельное поле более эффективно, когда солнце высоко над горизонтом и перпендикулярное поле — когда солнце низко. Оба поля одинаково эффективны при восходе и закате Солнца. Сходные явления наблюдаются для лунного дня.

Исследование планарий, в котором черви, направленные на север, помещались в горизонтальное МП 5 Э с отклонениями от 0 до 90° к естественному МП 0,17 Э,

показало, что черви способны различать направление магнитного вектора с высокой степенью точности.

Другое удивительное свойство магнитной реактивности было обнаружено при изучении улиток. Направляемые на юг улитки при равных других факторах вели себя иначе, чем направляемые на север. Когда направленных на юг улиток помещали в экспериментально перевернутый горизонтальный вектор МП в серии интенсивностей с шагом, равным напряженности естественного поля, максимум изменений поведения происходил в ответ на перевернутое поле, по интенсивности наиболее близкое к естественному вектору. Следовательно, животные имеют максимум чувствительности к напряженности естественного поля. Например, реакция возникала сразу в ответ на магнитное поле напряженностью 0,05 Э, и только через 15—30 мин, когда напряженность магнитного поля была 4 Э.

В опытах немецкого энтомолога Г. Беккера было показано, что примерно половина взрослых домашних мух может четко ориентироваться относительно искусственных магнитных полей. Другая половина делает это менее отчетливо.

Такие примеры свидетельствуют, что в электромагнитной биологии наряду с видовыми и генетическими особенностями необходимо учитывать не только возрастные и половые характеристики исследуемого объекта, но и его индивидуальную электромагнитную реактивность, причину которой пока трудно определить. (У человека ее связывают с преобладанием симпатического или парасимпатического тонуса вегетативной иннервации). Это обстоятельство вынуждает экспериментатора проводить исследования не на одном, а на группе объектов с обязательным применением методов математической статистики.

Отсюда следует вывод, что общие закономерности в экспериментальной электромагнитной биологии легче выявить на мелких биологических объектах и, в частности, на микроорганизмах, большое количество которых можно подвергать одновременно воздействию одного и того же ЭМП достаточной интенсивности. Эти результаты могут найти практическое применение для регуляции микробиологического синтеза различных веществ.

При гигиенических оценках действия ЭМП объектом изучения является не организм одного человека,

а своеобразный «средний организм», характеризующий реакцию популяции на ЭМП.

Наиболее изученным можно считать биологические действия радиоволн, относительно которых уже существуют предельно допустимые уровни (ПДУ) как в профессиональной, так и в коммунальной гигиене. Признание вредности действия ЭМП ставит вопрос о своеобразном «электромагнитном загрязнении» среды в результате работы многочисленных генераторов ЭМП. Этот термин был недавно принят Всемирной организацией здравоохранения. Однако неспецифический характер биологических реакций на ЭМП, их длительный латентный период, отсутствие четкой сенсорной индикации ЭМП и т. д. затрудняют разработку стандартов ПДУ для различных групп населения.

В этой области наблюдается драматическое рассогласование относительно ПДУ в профессиональной гигиене в СССР и в США. ПДУ в нашей стране в 1000 раз ниже! Это объясняется разными теоретическими подходами к механизму биологического действия (признание существования и нетеплового механизма действия большинством советских исследователей) и к роли различных систем в реакциях организма на ЭМП (признание ведущей роли нервной системы).

Нужно заметить, что за последние 5 лет в США резко увеличилось число исследований по влиянию слабых длительных воздействий ЭМП радиоволнового диапазона на деятельность нервной системы. Если раньше неврологические аспекты электромагнитной биологии считались традиционно советскими областями исследований (и дружественных с СССР социалистических стран: Польши и Чехословакии), то теперь этими проблемами живо интересуются в США, в Канаде, во Франции и других капиталистических странах.

Такая переориентация определяется как логикой научных исследований, так и общественным мнением.

Своеобразным подтверждением правильности советской гигиенической политики можно считать принятое правительством Канады снижение с февраля 1977 г. ПДУ с 10 до 1 мВт/см<sup>2</sup> в радиочастотном диапазоне ЭМП.

Переход к изучению низкочастотного диапазона ЭМП снимает некоторые спорные моменты (например, вопрос о тепловом характере воздействия ЭМП), но ставит и новые проблемы, связанные прежде всего с выяс-

нением относительной биотропности отдельных параметров ЭМП. Ограничиваясь указанием только напряженности применяемого ЭМП, исследователи рискуют не получить подтверждения своих данных в других лабораториях из-за неполного описания воздействующего фактора.

Вышеприведенные рассуждения касались случая стабильности всех биотропных параметров ЭМП. Вариации даже некоторых из этих параметров приводят к увеличению биологического эффекта.

Таким образом, научный подход к стандартизации электромагнитного загрязнения окружающей среды требует разработки комплекса аппаратуры для непрерывного измерения всех биотропных параметров искусственных ЭМП.

Если ограничить анализ только разбором биологического действия магнитных полей и учитывать реакции не только человека, но и животных, растений, а также микроорганизмов, то можно прийти к выводу, что среди неионизирующих излучений магнитные поля обладают наименьшей биологической эффективностью.

По-видимому, допустимы искусственные изменения напряженности поля в обе стороны от естественного на 10—15 порядков без быстрого нарушения жизнедеятельности растений. Для ячменя, например, двухсуточное пребывание в магнитном поле 400 Э оказывало положительное влияние в виде небольшой прибавки урожая. Подобные результаты получены и на пшенице. Обнаружено, что постоянное магнитное поле является фактором; повышающим теплоустойчивость некоторых растений и животных.

Было показано, что ЭМП в зависимости от характеристик их биотропных параметров могут выступать в качестве антагонистов или синергистов при комбинированном действии на биологическую систему с другими физическими или химическими факторами. Из физических факторов в этом отношении были исследованы, кроме отмеченного выше, повышение температуры, ее понижение, ионизирующая радиация, свет, звук, электрический ток и т. д. Из химических факторов здесь можно назвать кислород, возбуждающие и тормозящие нейрофармакологические вещества, гистамин, сердечные гликозиды и т. д.

Учитывая то обстоятельство, что среда для организма всегда имеет многокомпонентную структуру и что



ЭМП обладают выраженным корректирующим действием на организм, необходимо ПДУ варьировать в зависимости от параметров других (физических, химических, биотических или социальных) искусственных факторов, которые могут сенсбилизировать или повышать устойчивость организма к ЭМП. Иными словами, проблемы стандартизации в деле охраны окружающей среды от загрязнений должны решаться комплексно с учетом всех загрязняющих факторов.

При решении этих сложных вопросов необходимо учитывать и адаптационные возможности организма. До тех пор пока не будет четко определена грань между нормой и патологией, все гигиенические теории будут достаточно зыбкими.

Следовательно, стандартизация факторов окружающей среды должна учитывать индивидуальные и групповые отличия организмов к тому или иному воздействию.

Наконец, при формировании стратегии охраны окружающей среды необходимо знать, что ЭМП рассматриваемых диапазонов, как и пограничные с ними участки электромагнитного спектра, включающие тепло и свет, не только создаются искусственно (и тем самым загрязняют среду), но существовали и существуют в естественных условиях, являясь при определенных параметрах необходимым условием жизнедеятельности. В этих условиях угрозу организму несет не только увеличение ЭМП (загрязнение), но и уменьшение природных ЭМП («электромагнитный голод») или колебание их интенсивности.

Нормирование водного режима для растений, которые сами не могут передвигаться к источнику влаги, порождает подобные проблемы. Кроме засухи, неблагоприятное влияние на урожай может оказать и переувлажнение.


Можно считать удачным сравнение ЭМП с океаном, которое демонстрирует общность и фундаментальность этого вездесущего фактора объективной реальности. Мы еще не раз возвратимся к этому сравнению, помня, однако, что сравнение — не доказательство, а лишь способ иллюстрации.

Были получены данные об увеличении видовой продолжительности жизни у животных после воздействия магнитных полей средней интенсивности. Отмечено терапевтическое действие искусственных магнитных полей при некоторых заболеваниях.

Таким образом, для жизнедеятельности организма (и прежде всего организма человека) необходима не только и не столько охрана окружающего электромагнитного фона от загрязнения, но оптимизация электромагнитных характеристик окружающей среды. Важно не сохранить природные ЭМП, а регулировать их соответственно потребностям организма, создавая своеобразный электромагнитный комфорт.

При экологической оценке биологического действия ЭМП объектом исследования может быть и популяция, и отдельные виды, и даже вся биосфера. В последнем случае уже необходимо учитывать новейшие достижения астрофизики и геофизики, поскольку электромагнитная обстановка на земле в значительной степени определяется активностью ближайшей к нам звезды, Солнца. При исследовании солнечно-земных связей за последние десятилетия был достигнут значительный прогресс, но многие вопросы еще ждут своего разрешения. Среди них важное место занимают взаимоотношения межпланетной среды с геомагнитным полем и обнаружение источников на Солнце, ответственных за возмущения в межпланетной среде. В последнем случае со значительной долей вероятности можно говорить о магнитном поле Солнца как о главном источнике периодических изменений его активности.

Эти космические связи имеют прямое отношение к прогнозированию активности глобальных биологических процессов на нашей планете, но для выяснения причинно-следственных связей между ЭМП и биологической системой наиболее изученными являются реакции организма.

Система	Воздействие ЭМП		
	на организм -		на изолированную систему
	общее	локальное	
Нервная	●		●
Эндокринная	●		●
Органы чувств	●		●
Сердечно-сосудистая	●		●
Кровь	●		●
Мышечная	●		●
Пищеварительная	●		●
Выделительная	●		●
Дыхательная	●		●
Покровная	●		●
Костная	●		●



8

Таблица 3

9

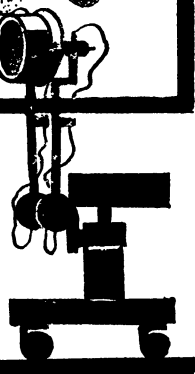


Рис. 8. Способ магнитогеодинамического тромбирования артериальных невризм. Рис. 9. Аппарат для низкочастотной магнитотерапии (Полус I)

*Все это указывало на необходимость принципиально нового подхода к проблеме биологического действия ЭМП, на необходимость пересмотра вопроса о возможной роли ЭМП в жизнедеятельности организмов.*

*(академик В. В. Парин)*

Когда речь заходит об организме вообще, обычно имеется в виду взрослый организм млекопитающего животного, основные системы которого сходны с организмом человека. В какой-то степени деятельность организма можно описать через функции систем, его составляющих. В табл. 4 приведены все 11 систем организма в том порядке, в котором они распределяются по чувствительности к ЭМП. Знаком плюс отмечено существование реакции системы на ЭМП в разных условиях его воздействия. Видно, что при общем воздействии ЭМП можно зарегистрировать реакции каждой системы. То обстоятельство, что при локальном воздействии также обнаруживается реакция всех систем организма, заставляет предполагать обязательное участие регуляторных систем организма (нервной и эндокринной) в реакциях на ЭМП. Однако существование влияния ЭМП и на изолированные системы (хотя еще не для всех осуществлена экспериментальная проверка) свидетельствует о прямом действии ЭМП. Эти данные подтверждают результаты, изложенные в предыдущей главе, где речь шла об организмах, не имеющих нервной системы.

Вывод о том, что любая система организма может реагировать на ЭМП, свидетельствует о глобальном влиянии этого проникающего фактора на биологические процессы. В последующем мы опишем реакции на ЭМП и со стороны клеточного уровня организации биологической системы, а сейчас уместно посмотреть, какого вида реакции возникают в организме при действии увеличивающихся по интенсивности ЭМП (табл. 4).

Таблица 4

**Характер реакций организма при действии  
искусственных усиленных электромагнитных  
полей увеличивающейся интенсивности**

Интенсивность ЭМП (порядок от- носительно естест- венной интенсив- ности)	Преобладающий характер реакций- организма	Преимуществен- ные методы из- учения реакций	Практиче- ское значе- ние реакций
0	Субсенсорные, сен- сорные, поведен- ческие	Психологиче- ские	Экология, профилак- тика
1—2 2—5	Адаптационные Повреждение	Физиологические Патолого-морфо- логические	Терапия Гигиена
Более 5	Летальные		

Нужно оговориться, что в табл. 4 приведена схема реакций организма, которой не следует придавать абсолютного значения. Стационарные естественные магнитные поля играют важную роль в ориентации организмов. Естественные колебания интенсивности ЭМП могут изменять двигательную активность животных, темп размножения, могут влиять на степень обострения психических, сердечно-сосудистых и инфекционных заболеваний у людей. Этими изменениями нельзя управлять: речь может идти только о прогнозе и о профилактических мероприятиях, когда дело касается больных людей.

Когда речь идет о колебаниях ЭМП космического или геофизического происхождения, объектом биологического исследования чаще всего является популяция. Имеются сообщения, что при увеличении геомагнитной активности увеличиваются количество занятых коек в психиатрических лечебницах США, частота эпилептических припадков и случаев самоубийств. В недавнем сообщении В. Л. Исхакова указывается, что повышение напряженности геомагнитного поля может влиять на формирование ЦНС (центральной нервной системы) человека еще в утробе матери и достоверно увеличивать число больных шизофренией в популяции. Надо заметить, что диагноз заболевания ставился значительно позже года рождения.

О возможном влиянии колебаний ГМП на деятельность ЦНС говорится в работах, посвященных вопросам гелиобиологии. Высказывается гипотеза об опосредующем через ЦНС влиянии колебаний ГМП на сердечно-сосудистые заболевания, связь обострений которых с ГМП установлена более точно.

При увеличении интенсивности естественных ЭМП на 1—2 порядка мы имеем примеры их использования с лечебными целями. Это самое древнее, но омоложившееся направление в электромагнитной биологии.

Если ограничиться магнитными полями, то можно отметить, что они применяются в медицине как бы на разных уровнях. С глубокой древности и почти повсеместно люди, чаще всего незнакомые с официальной медициной, применяли самодельные магниты для лечения самых разных заболеваний путем прикладывания магнитов к заболевшим местам. Сегодня этот уровень ярко демонстрируют японские магнитные браслеты. Японский исследователь Санто Широ в книге «Человек и магнетизм. Биоманнитные эффекты магнитных полей», изданной на английском языке в 1975 году, прямо признает, что в Японии нет специалистов в области биоманнетизма, но промышленность выпускает магнитные браслеты, ожерелья, корсеты, волосы, шляпы, кровати и т. д. Этот уровень использования магнитных полей для лечения, который можно обозначить как эмпирическая магнитотерапия, наиболее уязвим для критики.

Другая крайность — исследование терапевтического действия магнитных полей в опытах на животных. Упомянутый Санто Широ, используя магнитные поля, изучал на крысах процесс отторжения привитой опухоли, заживление ран и кровяное давление. Экспериментальная магнитотерапия была начата в г. Перми В. И. Кармиловым в тридцатых годах нашего столетия и достигла сегодня значительных вершин.

Непосредственный практический выход из этого уровня магнитотерапии должен был быть направлен в сторону ветеринарии. Однако следует признать, что в этой области успехи пока невелики, хотя уже имеются сообщения о лечении магнитным полем маститов у коров.

Наибольшее впечатление производят достижения в области клинической магнитотерапии<sup>4</sup> при лечении

<sup>4</sup> Сб.: «Применение магнитных полей в клинике». Куйбышев, 1976.

сосудистых заболеваний конечностей (А. М. Аминев), аневризм сосудов головного мозга (Р. П. Кикут, рис. 8), переломов и других заболеваний опорно-двигательного аппарата (М. Ф. Муравьев), воспалительных гинекологических заболеваний, заболеваний вегетативной нервной системы и т. д.

Саито Широ удачно проводил обезболивание с помощью корсетов, составленных из однонаправленных (А) или разнонаправленных постоянных магнитов (Б). Оказалось, что в последнем случае, когда градиент поля был больше, более эффективно шло лечение.

Таблица 5

**Эффективность действия разных магнитных корсетов (А и Б) при обезболивании**

Результаты лечения	Число пациентов	
	корсет А	корсет Б
Отличные	—	7
Хорошие	2	6
Удовлетворительные	4	5
Нет эффекта	2	1
<b>Итого:</b>	<b>8</b>	<b>19</b>

Английские исследователи Г. Делаварр и Д. Бейкер указывали, что переменное магнитное поле, создаваемое несколькими индукторами, которые располагались вдоль позвоночника, вызывало среди прочих эффектов снижение артериального давления. Авторы предполагают, что эффект реализуется через изменение свойств кровеносных сосудов.

Хотя единичные указания на удачное применение магнитных полей в клинике поступают из разных стран мира, наиболее интенсивно такие исследования проводятся сейчас в СССР, Румынии и Болгарии. В СССР серийно производят магнитотерапевтический аппарат «Полус» (рис. 9), начинают выпускать «магнитофоры», представляющие собой магнитные материалы, нанесенные на резиновую или матерчатую основу. В связи с

этим уместно упомянуть, что еще в 1783 году французские медики Андри и Туре предлагали примешивать намагниченные окислы, или порошок магнитного камня, к пластырю, чтобы сделать приложение магнита более удобным, более легким и на большом пространстве.

Считается, что магнитное поле обладает обезболивающим, противовоспалительным и противоотечным действием, а также способствует заживлению раневых процессов. Но этими свойствами, которыми, кстати, обладают и ЭМП радиочастотного диапазона (поля УВЧ и СВЧ), широко применяемые в физиотерапии, не исчерпывается лечебное действие ЭМП. Исследования в этом направлении должны продолжаться.

ЭМП не могут быть панацеей от всех бед. Расширяя их применение в комплексном лечении различных заболеваний, не следует забывать, что в некоторых случаях применение ЭМП противопоказано: вредное действие пересиливает полезное. Чаще всего это наблюдается при увеличении интенсивности ЭМП, когда адаптационные реакции переходят в патологические. В таком случае уже начинается преобладать гигиеническое направление в исследованиях.

Еще в 1921 году в английской научной литературе проскользнула статья с оригинальным названием: «Является ли магнитное поле индустриальной опасностью?» Авторы отвечали отрицательно на поставленный ими вопрос. Однако сорок лет спустя благодаря в основном работам советских гигиенистов из Института гигиены труда им. Ф. Ф. Эрисмана и Харьковского института гигиены труда и профессиональных заболеваний ответ на тот же вопрос приобрел положительное звучание. Уже готовятся материалы для установления в законодательном порядке предельно допустимых уровней магнитных полей на различных производствах.

Если вернуться к шкале электромагнитных колебаний, то можно заметить, что на протяжении XX века гигиеническое нормирование продвигается влево по этой шкале. Начали с ионизирующих излучений, потом дошла очередь для ЭМП диапазона радиочастот, а теперь разрабатывают принципы нормирования для низкочастотных магнитных и электрических полей.

Нужно заметить, что первый этап нормирования, связанный с ионизирующими излучениями, был трагическим, поскольку отсутствие ограничений в интенсивности



облучения приводило к гибели работников некоторых производств. На втором этапе, когда перешли к нормированию неионизирующих излучений, смертельные случаи были единичны и возникали при грубых нарушениях техники безопасности. Поскольку преобладали тепловые эффекты ЭМП, нарушения возникали прежде всего там, где кровообращение не могло быстро ликвидировать возникающее нагревание, т. е. в роговице глаза и в яичках. В случае признания нетепловых эффектов ЭМП «радиоволновую болезнь» объясняли нарушениями со стороны вегетативной нервной системы. Радиочастотный диапазон породил великие страсти у гигиенистов. Как уже указывалось, разница в ПДУ установленных американскими и советскими гигиенистами достигает трех порядков.

Нормирование низкочастотных ЭМП протекает сравнительно бесстрастно, хотя трудностей на этом пути было немало. Напомним, что хотя практическое использование низкочастотных и постоянных электрических полей с лечебными целями широко применяется на протяжении почти двух столетий, терапевтическое применение этого физического фактора еще не получило прочного теоретического обоснования. В физиотерапии этот способ использования лечебного действия ЭМП носит название франклинизации. Важно знать, что при электротерапевтических процедурах на организм воздействуют не только электрические поля, но аэроионы и озон.

Еще с конца прошлого века известный русский физиолог В. Я. Данилевский убедительно демонстрировал наличие биологического действия низкочастотных ЭМП, используя в качестве объекта исследования нервно-мышечный препарат лягушки.

Другие исследователи позже обнаружили и описали некоторые зависимости реакции этого препарата от параметров ЭМП. Оптимальной частотой для сокращения мышцы была частота в 50 Гц. Снижение частоты до 5 Гц снижало интенсивность реакции примерно на 20%, а увеличение частоты до 250 Гц уменьшало реакцию наполовину. Изолированный нервно-мышечный препарат лягушки оказался более чувствительным к ЭМП, чем тот же препарат, связанный с ЦНС.

Оказалось, что при изучении закономерностей раздражающего действия ЭМП низкой частоты на нервно-мышечный препарат следует соблюдать временной ин-

тервал между воздействиями не менее 10—12 мин, чтобы избежать эффекта последствия от предыдущего раздражения.

Если использовать ЭМП 50 Гц напряженностью около 120 В/м, при котором еще не сказывается пусковое (вызывающее сокращение нервно-мышечного препарата) действие, биологическое влияние можно обнаружить в корригирующем влиянии, т. е. в изменении проводимости возбуждения по нерву.

На уровне целостного организма тоже удавалось обнаружить действие ЭМП. Сильное пульсирующее ЭМП значительно нарушало биологические процессы во всех системах организма мышей. На первое место выступали реакции селезенки, печени, легких и кожи.

Преобладало мнение о биологическом действии аэроионов как важнейшем звене электрического комплекса. Согласно созданной на основе этого положения теории легочного электрообмена ионизированный воздух во время вдоха попадает в легкие, где и происходит передача электрических зарядов из альвеол частицам крови.

Позже было обнаружено, что в легкие ионизированный воздух почти не попадает, а осаждается в верхних дыхательных путях. Возникла гипотеза о том, что физиологический эффект в случае пребывания организма в ионизированной газовой среде возникает в результате повышения или понижения возбудимости рецепторов верхних дыхательных путей и кожи, соприкасающейся с потоком аэроионов. От рецепторов дальнейшая передача возникших сигналов идет обычным путем по нервам.

Согласно анатомическим признакам отмеченных рецепторов поток афферентации при воздействии ЭМП прежде всего пойдет по симпатическим нервам (с включением всей симпато-адреналовой системы), в связи с чем изменится соотношение между симпатическими и парасимпатическими влияниями на многие функции (дыхание, сердечно-сосудистая система, обмен веществ, деятельность внутренних органов и т. п.).

На основании приведенных рассуждений проблему биологического действия ионизированного воздуха можно считать только частью проблемы влияния на организм ЭМП.

Изложенная гипотеза рефлекторного воздействия ЭМП низкой частоты на организм не отражает всей

сложности биологического воздействия этого проникающего фактора. Существуют данные, что ЭМП может непосредственно действовать на ЦНС.

При помещении морских свинок в ЭМП промышленной частоты с напряженностью не более 2 кВ/см наблюдали в первые 5—15 мин воздействия сильное двигательное беспокойство животных и стремление избежать той части клетки, где напряженность была наибольшей. В дальнейшем животные сидели спокойно, лишь иногда производя судорожные подергивания. Отмечались нарушения со стороны дыхания, но изменений в ЭКГ и в картине крови не обнаружили.

В последнее время речь заходит о гигиенической оценке электрических полей в связи с тем, что на предприятиях текстильной, деревообрабатывающей, бумажной и других отраслей промышленности существует трение материалов с высокими диэлектрическими свойствами. В результате такого трения образуются и накапливаются заряды статического электричества. Число людей, работающих в электрических полях, увеличивается также в связи с вводом в эксплуатацию линий электропередачи постоянного тока сверхвысоких напряжений.

В некоторых экспериментальных работах отмечали урежение дыхания у кроликов в 45% случаев и учащение дыхания в 22% случаев при 15-минутном действии электрических полей напряженностью 82 В/м. При регистрации электрических импульсов с блуждающего нерва кошки, находящейся в наркозе, обнаружили снижение импульсной активности нейронов центра блуждающего нерва. Полагают, что электрическое поле влияет на функциональное состояние как органов чувств (внешних и внутренних), так и нервных центров непосредственно. Важно отметить, что возникающие эффекты незначительны. В некоторых экспериментах не удалось обнаружить влияния электрического поля на электрокардиограмму (ЭКГ), артериальное давление или частоту дыхания.

Можно видеть, что некоторые авторы склонны считать, что статическое электрическое поле обладает биологическим действием, хотя и слабым. Другие исследователи не могли обнаружить его влияние на организм человека или животных.

Электрические заряды, возникающие при работе человека в поле 20 кВ/м, оказывали неблагоприятное

действие на организм. Отмечали повышение возбудимости коры головного мозга. Усиливалась взаимозамещаемость полушарий мозга, что свидетельствовало о его напряженной работе. Резко повышалась вариантность пульса и дыхания.

Таким образом, еще раз приходится говорить о комплексе воздействий при помещении организма в электрическое поле. Там, где этот комплекс не разделяют, например при исследовании структуры заболеваемости лиц, работающих в сфере действия СЭП, трудно говорить о причине увеличения числа заболеваний нервной и сердечно-сосудистой систем.

Другое дело — переменные ЭМП промышленной частоты. Медицинское обследование 35 монтеров, работающих на линиях электропередач с напряжением 35, 110 и 220 кВ, показало, что специфических заболеваний, связанных с пребыванием в ЭМП, не возникает. Но при нахождении в ЭМП 220 кВ люди отмечали возникновение ощущений повышенной возбудимости или вялости, зябкости, покалывания кожи, шевеление волос и потливость. В ЭМП 35 кВ такие ощущения не появлялись, а в ЭМП 110 кВ они возникали редко. Таким образом, ЭМП может вызывать незначительные расстройства со стороны вегетативной и центральной нервной системы.

Когда испытуемых помещали на расстоянии 2 м от провода, находящегося под напряжением 65 кВ, у них после 15—20 сеансов по 0,5—3,0 ч отмечали нарушения условных и безусловных сосудистых рефлексов. Умственная работоспособность испытуемых, определяемая по корректурному методу, падала после пребывания в ЭМП на 25—30%.

ЭМП промышленной частоты 65—130 кВ при трехчасовом воздействии на объект в течение 10—20 дней вызывало у мышей потерю в весе, а у кроликов — тенденцию к снижению терморегуляции и к незначительному повышению кровяного давления. В опытах на кроликах показано, что их работоспособность в ЭМП снижается. Степень утомления зависела от напряженности, величины нагрузки на мышцу и от количества воздействий, т. е. от кумуляции изменений, возникающих при повторных воздействиях ЭМП.

Как в плазме крови сохранились «воспоминания» о жизни в океане наших предков (состав химический их одинаков), так и в ритме некоторых биоэлектриче-

ских процессов слышатся отзвуки того электромагнитного океана, в присутствии и при участии которого зарождалась жизнь. Искусственные низкочастотные ЭМП слегка сдвигают эти ритмы, чуть-чуть нарушают регуляцию физиологических процессов, как-то слишком надолго выводят организм из равновесия. Конечно, здесь присутствует патология, но она иная, чем та, которая возникает при воздействии ионизирующих и неонизирующих высокочастотных излучений.

Никто из людей от низкочастотных полей еще не умер. Только в сугубо искусственных условиях в сильных неоднородных магнитных полях наблюдали гибель личинок устриц, личинок дрозофил и молодых мышей самцов.

Получается, что ЭМП сильнее действует на молодые организмы. А это обстоятельство заставляет проследить реакции на ЭМП у организма на разных этапах его развития. Такой специальной задачи перед собой не ставил ни один из исследователей, но из разрозненных фактов можно представить себе хотя бы схему событий.

С чего начинается организм? Со слияния мужской и женской половой клетки, т. е. с процесса оплодотворения. В искусственных усиленных ЭМП этот процесс нарушается, о чем судят по такому отдаленному событию, как плодовитость. В ЭМП плодовитость снижается...

Еще до встречи друг с другом сперматозоид и яйцеклетка по-разному реагируют на ЭМП. Согласно исследованиям томских медиков, проводимым под руководством действительного члена АМН СССР И. В. Торопцева, процесс сперматогенеза является самым чувствительным к магнитным полям по сравнению с другими процессами организма. На этом основании в Томске с большими сомнениями относятся к магнитотерапии.

После оплодотворения и начала деления яйцеклетка превращается в эмбрион. Сам факт воздействия ЭМП на развитие эмбриона позволяет считать его эмбриотропным фактором. Крайним выражением эмбриотропности является возникновение уродств, которые чаще возникали при формировании нервной системы. Эмбриотропность ЭМП была доказана в опытах с насекомыми, иглокожими, рыбами, птицами и млекопитающими.

Из этих фактов становится ясным, что беременные женщины не должны посещать производства, где зна-

чительна интенсивность ЭМП. В противном случае возникает риск вообще не родить ребенка или родить неполноценного как в физическом, так и умственном отношении.

В опытах на крысах было показано, что если беременных самок поддерживать некоторое время в усиленном ЭМП, то их сыновья (не дочери!) хуже вырабатывают условные рефлексы.

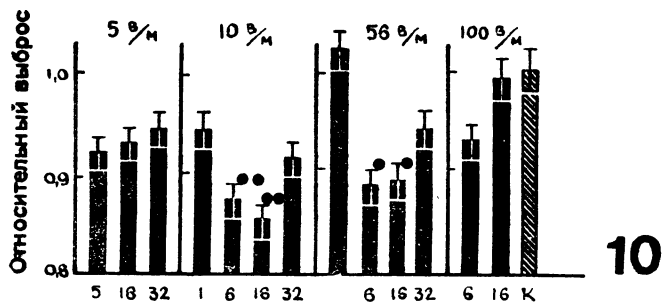
Но даже если молодой организм не встретился с ЭМП в эмбриональном состоянии, сразу после рождения он все еще сильнее реагирует на ЭМП, чем взрослый организм. Своеобразным критическим периодом к действию ЭМП у морских свинок был возраст от 5 до 30 дней после рождения, если судить по изменению структуры кожи.

У человека пороговая интенсивность ЭМП радиодиапазона в детском возрасте составляла  $3 \pm 1$  мВт/см<sup>2</sup>, во взрослом состоянии —  $30 \pm 8$  мВт/см<sup>2</sup>, а в пожилом возрасте —  $5 \pm 1$  мВт/см<sup>2</sup>.

Эти примеры показывают, что на разных этапах развития организма он по-разному реагирует на одно и то же ЭМП. Заканчивается развитие обычно старением. Оказалось, что и этот возраст безразличен к ЭМП.

Появляются единичные сообщения о том, что в искусственных ослабленных ЭМП уменьшается длительность жизни животных, а в усиленных ЭМП средней интенсивности наблюдали увеличение не только средней продолжительности жизни (что свойственно многим факторам), но и видовой продолжительности жизни. Если сообщения о последнем эффекте подтвердятся, то ЭМП станут фактором, влияющим на самые интимные стороны биологических процессов.

Выяснение механизмов такого действия потребует кооперации усилий разных специалистов и широкого подхода к проблеме:



10

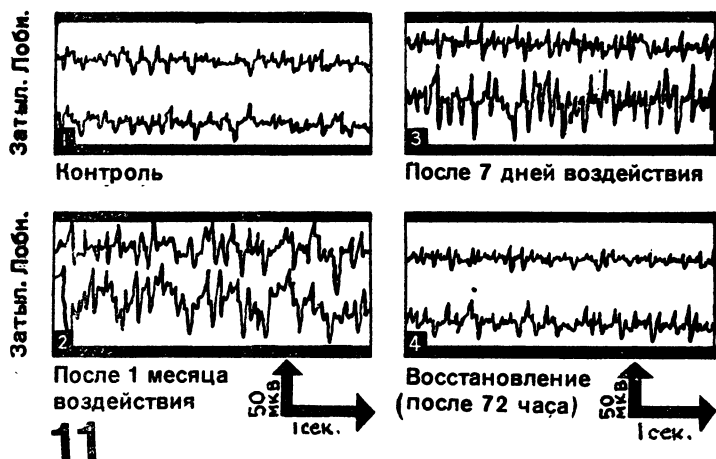


Рис. 10. Пониженный выброс  $^{45}\text{Ca}^{2+}$  из мозговых полушарий цыпленка *in vitro* во время воздействия ЧНЧ-поля при частотах от 1 до 32 Гц. Амплитуды поля 5, 10, 56 и 100 В/м. Крайний столбик (К) показывает нормализованный контрольный выброс для всех проб.

Рис. 11. Изменения ЭЭГ двух областей коры головного мозга крысы после разной длительности воздействия полем СВЧ с плотностью потока мощности  $5 \pm 2$  мВт/см<sup>2</sup> (Бертарисон и др., 1971)

*Мозг следует описывать как обширный агрегат электрических элементов, столь же многочисленных, как звездное население Галактики. В океане мозга вздымаются беспокойные приливы нашего электрического бытия, в тысячи раз относительно более мощные, чем приливы земных океанов.*

*(профессор Грей Уолтер)*

В цитате из книги известного английского нейрофизиолога, взятой нами эпиграфом к данной главе, проводится сравнение электрических процессов в мозге с деятельностью океанов. Сравнение ЭМП с океаном мы хотели бы провести красной нитью через всю книгу. С этих позиций нервную систему можно считать тем органом, который «выпивает» окружающие ЭМП и делает их частью организма. Обычная вода попадает из ротовой полости в желудок, всасывается в кровеносное русло, разносится по всему организму, а затем выбрасывается через выделительную систему. Кажется, потребление ЭМП организмом является безотходным производством.

Человечество постепенно открыло и использовало в своих интересах вещественную сторону окружающей действительности (одежда, жилище, орудия труда, пластмассы и т. д.), ее энергетическую сущность (огонь, энергия ветра и воды, электричество, атомная энергия и т. д.) и, наконец, выявило ценность организационных принципов материального мира, которая часто обозначается как информация. ЭМП не являются веществом, они содержат мало энергии, но они могут вносить организованность в различные процессы материального мира, включая и процессы жизни.

Высшие организмы животных, организованность свою с внешней средой могут осуществлять через регуляторные процессы, которые связаны с нервной системой.

Как же нервная система подготовлена к этой функции?



Недавно появилось интересное сообщение о магнитных свойствах седалищного нерва лягушки, который после подвешивания на нитке притягивался к полюсу постоянного магнита напряженностью 580 Э. Другие ткани лягушки не обнаружили такого эффекта. Однако обонятельный нерв лягушки и периферический нерв крысы также притягивались к полюсу магнита.

Такие магнитные свойства нерва сохранялись после его обработки дистиллированной водой, 10% раствором поваренной соли или раствором формальдегида, а также после подсушивания нерва на воздухе. Только после смачивания нерва раствором хлороформа или метилового спирта обнаруженный эффект пропадал.

Предполагают, что за такие необычные магнитные свойства нерва могут отвечать фосфолипиды, которые растворяются в спиртах.

Чувствительность жиров (фосфолипидов) к ЭМП косвенно свидетельствует о том, что клеточные мембраны (оболочки) принимают активное участие в этой реакции.

Участие мембран в этом процессе можно отметить и при другом подходе. Известно существование критических точек температурного перехода для многих биологических явлений. Например, клеточное размножение для большинства клеток животных и микроорганизмов показывает резкие точки перехода вблизи 44° С. При температуре выше переходной клетки не способны размножаться, тогда как ниже ее они хорошо функционируют и делятся. Такой переход существует для клеток человеческого тела, и мы знаем, что повышение температуры тела до 43° или 44° С обычно является смертельным.

Для мучного жука триболиума этот переход располагается около 38° С. Показано, что вблизи предела температурной стабильности влияние постоянного магнитного поля при нормальной концентрации кислорода становится некой защитой против дезорганизующих влияний высоких температур. В постоянном поле 6000 Э нормальное развитие жука происходило при температуре примерно на 1° С выше, чем это могло происходить, когда магнитное поле отсутствовало.

Мы удивительно мало знаем относительно объяснения таких явлений перехода. Становится почти привычным привлекать нуклеиновые кислоты для объяснения всех свойств живых систем. Однако кривые перехода

нуклеиновых кислот происходят при  $70^{\circ}$ — $90^{\circ}$  С. Белки, когда они исследуются изолированно и в отсутствие липидов, обычно не в состоянии продемонстрировать резкие точки перехода в своей каталитической активности, о которых сообщалось при изменении функции организма в интересующем диапазоне температур. Можно поэтому предположить, что за переходы ответственны липидно-протеиновые и липидно-глюкопротеиновые мембранные структуры, к которым мы еще не раз будем возвращаться.

Более прямые результаты изменения деятельности мембран в ЭМП дают электрофизиологические эксперименты. Можно привести пример из работ Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР.

В опытах, поставленных Е. Н. Литвиновым и Д. Б. Логиновым, использовали препарат изолированной ЦНС, виноградной улитки, который помещали внутри соленоида ( $H = 200$  Э) или между полюсами электромагнита ( $H = 1100$  Э). В первом случае направление силовых линий было вертикальным, а во втором — горизонтальным. Применялась отработанная в лаборатории методика длительной внутриклеточной регистрации активности идентифицированных ранее нейронов.

Установлено, что отчетливый эффект ПМП проявляется при достаточно длительном воздействии (более 15 мин). Показано, что нейроны, отличающиеся характером спонтанной активности, отличаются и реакцией на применение ПМП.

На рис. 12 приведены фрагменты активности нейрона, обладающего ритмической спайковой активностью А. При действии ПМП напряженностью 1100 Э наблюдается переход этой активности в залповую Б. Через 15—20 мин после выключения электромагнита восстанавливается первоначальный характер активности В.

Этот эффект был обратим и воспроизводился на одном нейроне несколько раз. Интересно, что латентный период этих четких реакций совпадал с необходимой длительностью воздействия МП на мышей, чтобы получить суммацию эффекта.

Аккумуляцию эффекта магнитного воздействия наблюдали и здесь. Она состояла в том, что при повторных применениях ПМП перестройка активности происходила быстрее и все более и более углублялась. Также

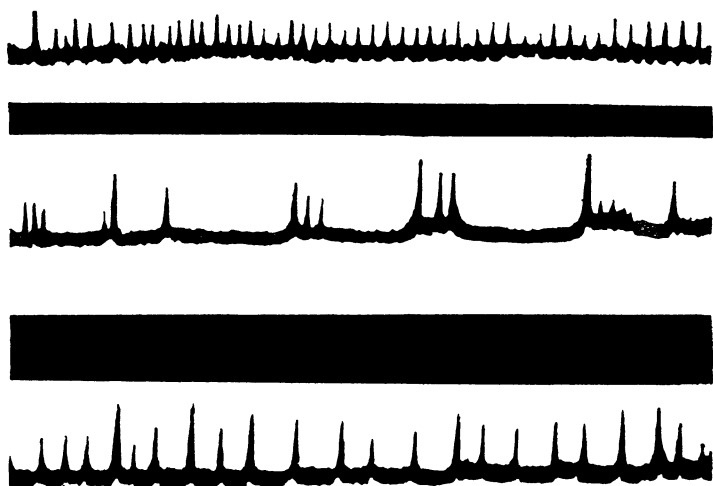


Рис. 12. Электрическая активность нейрона РРа8 изолированного ганглия виноградной улитки в фоне (А), при воздействии ПМП 1100 Э (Б) и после выключения электромагнита (В). Калибровка: 1 с, 10 мВ равняются 1 см.

возрастал и отрезок времени, необходимый для восстановления изначальной активности.

Кроме перестройки спонтанной активности, ПМП вызывало еще целый ряд изменений в электрогенезе нейрона. В ряде случаев наблюдался «развал»: спайка, появление тормозных потенциалов, изменение частоты фоновых синаптических потенциалов. Однако оценить эти изменения и тем более изучить их механизм можно только после проведения длительных серий экспериментов.

Таким образом, ПМП, влияя на изолированную ЦНС, чаще изменяло ее спонтанную электрическую активность в сторону торможения.

Подобные результаты были получены и другими исследователями, работавшими и с той же виноградной улиткой, и с моллюсками иных видов, и с речным раком, и с американским тараканом, и с крысой.

Чтобы понять эти наблюдения, нужно уяснить функциональные отношения между синаптическими потенциалами и потенциалами действия, а также между длительными процессами электроэнцефалограммы. Нейроны являются образованиями, хорошо изолированными от

электрических и магнитных влияний межклеточной жидкостью и другими клеточными элементами. Однако так как средняя ионная концентрация межклеточной жидкости поддерживается постоянно механизмами активного транспорта и гемато-энцефалическим барьером, каждый раз, когда возникает потенциал действия, происходят локальные изменения концентраций ионов вследствие обмена ионами между нейронами и окружающей средой. В то же самое время внеклеточная жидкость перемешивается и движется под действием эпиндимных клеток, которые снабжены ресничками. Тогда можно заключить, что локальные концентрации ионов, в частности ионов кальция и магния, могут быть изменены электромагнитными полями и соответственно значительно влиять на синаптические передачи.

Ионы кальция важны для регуляции мембранного потенциала покоя и для синаптического возбуждения. Оказывается, кальций распределен в мозговой ткани дифференциально. Более высокие концентрации его находятся в нейронных мембранах, в синаптических районах, в нейроглиальной цитоплазме и в нейрональных оргanelлах, но в нейрональной эктоплазме его относительно мало. Глюкопротеины мембранной поверхности, о которых мы уже упоминали, обнаруживают сильное сродство к катионам, особенно к ионам кальция и водорода. Таким образом, оказалось, что кальций играет существенную роль в классических механизмах нервного возбуждения. Помимо этого, вероятно его участие в более слабых событиях на поверхности мембраны, включая редкое взаимодействие с рассеянными молекулами гормонов и восприятие слабых электрических градиентов.

В лаборатории американского нейрофизиолога У. Эйди было показано, что слабые синусоидальные электрические поля изменяли выход кальция из свежей изолированной ткани мозга цыпленка или кошки, помещенной в раствор Рингера (рис. 10). Вслед за инкубацией (30 мин) с радиоактивным кальцием ( $^{45}\text{Ca}^{2+}$ ) каждая проба помещалась в свежий раствор и подвергалась 20 мин воздействию полей 1; 6; 16; 32 или 75 Гц с электрическим градиентом 5; 10; 56 и 100 В/м в воздухе. Выход  $^{45}\text{Ca}^{2+}$  в раствор измеряли затем в 0,2 мл навеске и сравнивали с выходом из контрольных проб. Все пробы находились при температуре 36° С. Воздействие полем приводило к уменьшению освобождения

кальция. Максимум снижения наблюдали при 6 и 16 Гц (от 15 до 20%). Пороги были около 10 и 56 В/м для мозга цыпленка и кошки соответственно. Подобные, но недостоверные изменения наблюдали при воздействии других полей.

Ранее описали резкое увеличение выхода кальция из изолированной ткани мозга цыпленка при действии модулированных радиочастотных ЭМП. Эти исследования показали, что ответ наблюдался в узкой полосе низкочастотных модуляций (6—25 Гц) и, что характерно, отсутствовал при действии немодулированной несущей волны (147 МГц).

Исследования различных участков изолированной коры больших полушарий мозга кошки показали значительное снижение выхода кальция при действии электрических полей частотой 6 и 16 Гц с градиентом 56 В/м. Незначительные тенденции к снижению выхода наблюдали также в поле данной напряженности при частотах 1; 32 и 75 Гц. Никаких существенных эффектов не наблюдали не только в поле 10 В/м с частотой 6; 16 и 32 Гц, но и в поле 100 В/м с частотой 6 и 16 Гц. Следовательно, мы имеем «резонансную» кривую с максимальной чувствительностью ткани в области 6 и 16 Гц и с амплитудным окном между 56 и 100 В/м (рис. 10).

Не было обнаружено разницы между различными корковыми участками, которые относились к преимущественно сенсорным, двигательным или ассоциативным областям.

Данные по выходу кальция при действии низкочастотных полей на мозговую ткань цыпленка и кошки могут быть объединены в некоторой последовательности и на различных уровнях организации. Начальные изменения могут происходить на продольной оси мембраны, включая, возможно, макромолекулярные конформационные изменения, зависящие от изменений связей кальция с полианионными гликопротеинами, и являются предшественниками трансмембранных ответов. Слабое изменение в одной точке может вызвать макромолекулярные конформационные изменения на значительном расстоянии вдоль мембраны.

Для низкочастотных и радиочастотных ЭМП показано существование минимальной чувствительности к полям «биологической» частоты, но результаты четко показывают, что способ взаимодействия зависит от ампли-

туды поля. Возможное основание для этой амплитудной избирательности может лежать в способе связывания кальция с цепями биополимеров.

Если, как предполагали раньше, кооперативная динамика связывания кальция на возбудимых мембранах определяет предельный цикл поведения, то субстратно-кальциевое равновесие будет колебаться с фиксированной частотой и амплитудой.

Таким образом, слабое нарушение любого параметра может легко разрушить электрохимическое равновесие. Однако имеющиеся результаты не могут указать на дипольный момент или на другую молекулярную чувствительность в таком узком частотном диапазоне. Существованием амплитудного окна для этих прямых взаимодействий внешних низкочастотных электрических полей с тканью центральной нервной системы можно объяснить описанные тонкие поведенческие и нейрофизиологические изменения.

Спонтанные циркадные ритмы у человека и птиц, живущих в экранированных камерах, становились короче при наложении электрического поля 10 Гц прямоугольной волны с градиентом 2,5 В/м в воздухе. Оценки интервалов времени (5 с интервалы) у обезьян ускоряются на 10% при наличии 7 Гц, 10 В/м синусоидального электрического поля. Дальнейшие исследования расширили эти представления, показав максимальную чувствительность в области 7 Гц с прогрессивным увеличением порогов к 45 и 75 Гц.

Поскольку показано, что внешние электрические поля изменяют состояние мозга, возникают вопросы, касающиеся роли внутренних мозговых низкочастотных переменных полей. Можно было предполагать, что раздражитель, способный изменять на 15% выход иона, важного для возбудительной и регуляторной функции, будет связывать сильные влияния на восприятие и поведение. Очевидное отсутствие таких эффектов может служить основанием для подчеркивания бесконечной сложности внутренних электрических полей, даже генерируемых клетками, и невероятности, что наше навязывание однородного градиента в больших массах ткани будет воспроизводить важные элементы внутренних полей.

Остается показать, что внутреннее поле действительно обеспечивает механизм, посредством которого мозговые

нейроны могут «перешептываться друг с другом», но эта способность стала более вероятной, поскольку показана исключительно высокая химическая чувствительность мозговой ткани к влиянию внешних электрических полей.

К этому вопросу мы еще вернемся, а сейчас напомним, что уже около двух веков существует официальное научное мнение о преимущественном влиянии магнитных полей на функции нервной системы. Выражено было это мнение в 1780 году комиссией Французского королевского медицинского общества, которая проверяла лечебное действие магнитов аббата Ленобля, употреблявшихся чаще всего для снятия зубной боли. В выводах комиссии указывалось, что действие магнита заключается в прямом и непосредственном его влиянии на нервы и что магнит годится для лечения болезней, проявляющихся в виде судорог и сильных болей.

Хотя эти выводы медиками официально не опровергались (в середине прошлого века особенно интенсивно влияние магнитного поля на нервную систему изучалось в школе французского психиатра Шарко и итальянского медика Мажжиорани), но и широкого развития они не получили, пока уже в наше время успехи космической биологии и медицины ни обострили интерес к магнито-биологии.

Основатель электрофизиологии, итальянский исследователь Б. Гальвани, впервые описал в 1791 году влияние электричества на расстоянии, исследуя сокращение нервно-мышечного препарата лягушки при искровом разряде электрической машины.

Таким образом, почти одновременно, но независимо друг от друга было установлено влияние электричества и магнетизма на функции нервной системы, но электричеству (имеется в виду его контактное воздействие) повезло больше.

Позже в орбиту интересов медиков и биологов вошли ультравысокие ЭМП (поле УВЧ) и сверхвысокие ЭМП (поле СВЧ), о которых следует поговорить подробнее.

Биологическое действие поля УВЧ было обнаружено Д'Арсонвалем и Теслой уже через три года после того, как это поле было получено Герцем в 1888 году. За прошедшие 90 лет вопросу о влиянии поля УВЧ на живой организм посвящено много обобщающих публикаций.

Уместно заметить, что в последние годы вопросы биологического действия поля УВЧ разрабатываются менее интенсивно, чем биологическое действие поля СВЧ и магнитных полей.

Уже в первых работах по биологическому действию поля УВЧ отмечалось его влияние на функции нервной системы. Указывалось, что нервная система и центральная, особенно вегетативная, весьма чувствительны к воздействию волн ультравысокой частоты.

У лиц, подвергавшихся систематическим воздействиям поля УВЧ, в производственных условиях, отмечали сонливость, головные боли, утомляемость и раздражительность. Реакции зависели от индивидуальных особенностей организма и от его исходного функционального состояния. Поле УВЧ рассматривается как своеобразный раздражитель, влияющий прямым и рефлекторным путем не только на кожные рецепторы, но и на глубоко расположенные рецепторные образования. Особой чувствительностью к полю УВЧ обладает вегетативная нервная система.

Следует упомянуть, что многие авторы различают тепловое действие поля УВЧ, когда наблюдается повышение температуры тела животного или человека, и нетепловое (специфическое), когда не удается зарегистрировать изменения температуры. При воздействии сильного поля УВЧ отмечали следующие стадии в поведении животного: повышение двигательной активности, угнетение, судороги и смерть.

Было показано, что 5-минутное воздействие полем УВЧ на голову голубя увеличивало латентный период двигательных пищевых рефлексов примерно в 2 раза. Многократные воздействия приводили к исчезновению положительных рефлексов, которые медленно восстанавливались после прекращения воздействия.

У нормальных собак поле УВЧ в первой фазе действия повышало пищевые секреторные условные рефлексы, а во второй фазе при повторных применениях снижало положительные условные рефлексы и растормаживало дифференцировки. У собак с нарушениями высшей нервной деятельности в первую фазу действия поля УВЧ отмечали углубление патологического состояния, а во вторую фазу — нормализацию деятельности.

При локальных воздействиях поля УВЧ на височные и лобные области коры собак в одних опытах уда-



валось зарегистрировать изменения условнорефлекторной деятельности, а в других — нет.

Характер реакции зависел также от типа высшей нервной деятельности животного. У собак с сильным типом высшей нервной деятельности воздействие полем УВЧ на слуховую область вызывало обратимое снижение условных рефлексов или растормаживание дифференцировки только в пределах слухового анализатора. У собаки слабого типа воздействие на слуховую область снижало условные рефлексы с разных анализаторов.

Таким образом, анализ экспериментов, проведенных по условнорефлекторной методике, показывает, что поле УВЧ оказывает фазное обратимое действие на функции коры больших полушарий, что это действие обладает кумулятивным (накопительным) эффектом, зависит от типа высшей нервной деятельности животного и от исходного функционального состояния.

Следует отметить, что почти все исследователи указывали на непостоянство реактивности ЦНС на поле УВЧ. Этот факт можно объяснить тем, что реакция зависела от индивидуальных особенностей ЦНС людей и животных, от исходного функционального состояния ЦНС, от фазности действия исследуемого фактора, от его локализации и интенсивности. Кроме того, следует учитывать возможное участие процессов адаптации или суммации.

Заканчивая краткий обзор, следует заметить, что изучение влияния поля УВЧ на НС было вызвано в основном гигиеническими запросами. Наиболее интенсивно биологическое действие поля УВЧ изучалось в довоенные годы, а вскоре после второй мировой войны исследователи, интересовавшиеся этими проблемами, переклонулись на изучение биологического действия ионизирующих излучений или поля СВЧ.

Поле СВЧ (микроволны) на шкале электромагнитных колебаний располагаются рядом с диапазоном УВЧ. Поэтому не удивительно, что многие исследователи указывают на значительное сходство в биологическом действии полей УВЧ и СВЧ. Следует отметить, однако, большее термическое действие и увеличение возможностей строго локального влияния поля СВЧ.

Люди, работающие в условиях воздействия поля СВЧ, обычно жалуются на повышенную утомляемость, периодически возникающую, или постоянную головную

боль, чрезмерную раздражительность, сонливость, головокружения, снижение внимания и памяти и т. п. Длительное воздействие поля СВЧ вызывает у человека ряд неспецифических реакций, среди которых на первое место выдвигаются реакции ЦНС, протекающие по типу астенических состояний. Обобщение результатов исследований неблагоприятного действия поля СВЧ на человека позволяет говорить некоторым исследователям о своеобразной радиоволновой болезни.

Эксперименты показали, что изменения деятельности мозга при облучении микроволнами напоминает биологическое действие поля УВЧ. Также наблюдаются фазное действие поля СВЧ на функции коры больших полушарий (рис. 11), зависимость реакции от типа высшей нервной деятельности животного и от исходного функционального состояния. Возможно, описываемые изменения условнорефлекторной деятельности являются неспецифической реакцией головного мозга на любой повреждающий фактор.

Американские исследователи при помещении головы обезьяны в поле СВЧ отмечали фазную реакцию животного. Если подбородок обезьяны был приподнят, то облучение на протяжении 1 мин вызывало последовательно возбуждение, сонливость, нарушение чувствительности; 3-минутное облучение часто приводило к судорожным припадкам, заканчивающимся смертью животного. При опущенном подбородке 3-минутное воздействие вызывало только возбуждение и сонливость, а при отсутствии фиксации головы этих изменений не отмечали, но обезьяны ориентировали голову вверх. Учитывается, что определенная ориентация в поле была обнаружена у крыс и собак. Последние поворачивали голову в сторону источника излучения микроволн. Облучение всего тела, кроме головы, не вызывало отмеченных реакций.

При облучении только головы обезьян наблюдали замедление частоты и увеличение амплитуды в электрической активности коры. В мозгу возникали нарушения межнейронных связей. Температура тела существенно не изменялась. Все отмеченные изменения исчезали через 24 ч после опыта. Авторы рассматривают описанные реакции как нетепловые, наступающие за счет нарушения нормальных функций промежуточного и среднего мозга в результате молекулярных изменений в клетках.

Пора заключить, что участие нервной системы в реакциях организма на радиоволны показано различными методами и многочисленными исследователями. Исходя из классических принципов нервизма, большинство советских исследователей считают возможным устанавливать предельно допустимые уровни воздействия радиоволн при учете и сдвигах в деятельности нервной системы, хотя такие сдвиги могут не носить патологического характера.

Многие зарубежные исследователи предпочитают действовать наверняка и считать вредными только явно тепловые интенсивности микроволн. Различие подходов, казалось бы, в академическом вопросе о характере возникновения патологии приводит к различиям на три порядка в величине предельно допустимых уровней облучения микроволнами людей на производствах разных стран. В СССР, например, ПДУ равен  $10 \text{ мк Вт/см}^2$ , а в США —  $10 \text{ мВт/см}^2$ .

Такой пример демонстрирует многое, но в том числе и недостаточную изученность реакций НС на ЭМП. Интересно, что похожие проблемы возникали и при изучении биологического действия ионизирующих излучений.

Принято рассматривать деятельность нервной системы на уровне целостного организма, системном уровне, клеточном и субклеточном. В такой последовательности мы и будем разбирать данные по электромагнитной нейрологии.

На уровне организма реакции нервной системы являются составной частью того ответа, куда вовлекаются и другие системы. Например, поведение, которое чаще всего оценивается по двигательным реакциям, включает в себя деятельность нервной, кровеносной, мышечной и других систем организма. Здесь оценка влияния ЭМП проводится по принципу «черного ящика», т. е. мы уверены, что нервная система вовлекается в реакцию, но как она это делает — неизвестно. Однако этот метод имеет и преимущества, так как животные (из-за трудностей создания ЭМП в большом объеме — это обычно мелкие млекопитающие, птицы или рыбы) не испытывают никаких операционных вмешательств. Отмечалось увеличение двигательной активности животных в ЭМП. Это было показано на червях, насекомых, рыбах, птицах и млекопитающих. Эффект отме-

чался, например, при слабых напряженностях магнитного поля (несколько эрстед) и даже в естественных условиях при перевозке птиц с побережья Балтийского моря в район Курской магнитной аномалии, где напряженность поля примерно вдвое больше.

Высказывалось предположение, что живые существа при дальних и ближних передвижениях в числе прочих факторов среды могут использовать для ориентации и геомагнитное поле. Появляются сообщения о том, что такая маломигрирующая рыба, как лещ, может с меньшим успехом ориентироваться по геомагнитному полю, чем личинка угря. Подобная ориентация наблюдалась не только у рыб и птиц, но и у червей, моллюсков и насекомых. Искусственная компенсация геомагнитного поля приводила к изменению обычной ориентации мух и к нарушению танцев пчел, посредством которых эти животные сигнализируют своим партнерам по улью о расположении взятка. Следовательно, ориентация в геомагнитном поле нужна не только для нахождения пути, но и для общей оптимизации биологических процессов.

Когда обученных животных помещали в искусственное усиленное ЭМП, то ранее выработанный условный рефлекс или совсем не проявлялся или осуществлялся с запозданием. Такие факты были получены на планариях, рыбах, птицах и млекопитающих.

Результат воздействия значительно зависел от интенсивности ЭМП. Например, слабое ЭМП могло ускорить выработку условных электрооборонительных рефлексов у крыс, тогда как более сильные поля затормаживали выработку подобных условных рефлексов. Такая фазность в действии поля сближает его с другими раздражителями, также обладающими фазностью, но по физиологической силе воздействия ЭМП сильно им уступает.

Поэтому условные рефлексy, которые удалось выработать на этот физический фактор у рыб, птиц, кроликов и человека, отличались от условных рефлексов, выработанных у тех же объектов на обычные раздражители (свет, звук и т. д.), меньшей прочностью и увеличенным периодом запаздывания. Вегетативные условные рефлексy на ЭМП вырабатывались легче, чем двигательные.

Здесь ЭМП должно выступать в роли возбуждающего фактора, а эта роль ему удается слабо. Зато оно легко справляется с ролью тормозящего агента, и в этом случае может затормаживать не только условные, но и безусловные рефлексы. Например, оно повышало порог электрического раздражения у рыб, земноводных и у человека.

Тормозящее влияние ЭМП на поведенческие акты проявляется не только в момент воздействия. Врачи-гигиенисты отмечали ослабление памяти у людей, работающих в достаточно интенсивных ЭМП.

Ослабление памяти в ЭМП обнаружили и в опытах на животных. Дальнейшие исследования в этом направлении являются чрезвычайно перспективными, обещающая выяснить некоторые стороны механизма действия магнитного поля на центральную нервную систему, так как проблема памяти в настоящее время успешно развивается на всех уровнях деятельности нервной системы.

Следует заметить, что электромагнитное воздействие, адресованное центральной нервной системе, может сказаться не только в изменении поведения, но и в изменении регуляции нормальных и патологических процессов. Так, подвергая воздействию ЭМП только голову животного, исследователи отмечали изменения со стороны системы крови и со стороны периферических опухолевых процессов. Это направление в изучении влияния ЭМП на организм обещает скорый выход в терапевтическую практику, и потому следует всячески приветствовать его интенсивное развитие.

Таким образом, непрерывно увеличивающийся поток публикаций свидетельствует об изменении деятельности различных систем организма при общем воздействии ЭМП. Но что происходит при этом в самой нервной системе, можно выяснить, применяя другие методы исследования.

Самый старый и самый убедительный метод изучения действия раздражителей на нервную систему заключается в словесном отчете испытуемого о тех ощущениях, которые вызывают у него воздействия исследуемого фактора. К сожалению, этот метод был малоэффективным при изучении ЭМП той интенсивности, которая еще не вызывает нагревания. Однако в отдельных случаях у некоторых людей удавалось вызвать

различные ощущения при действии ЭМП различных диапазонов. Такие стыдливые замечания на фоне уверенного вывода о субсенсорном (неощущаемом) характере действия ЭМП преобладали в большинстве высказываний, включая и наши.

Чтобы как-то систематизировать разрозненные и многочисленные данные о субъективном восприятии ЭМП, мы решили составить табл. 6, а потом провести результаты собственных исследований.

Как показывают данные, приведенные в табл. 6, ЭМП могут вызвать ощущения, связанные обычно с деятельностью основных пяти органов чувств. Хотя количественных сравнительных данных пока не имеется, можно считать на основании физиологических описаний, что наиболее ярко ЭМП проникает в зрительную чувственную сферу, затем идет тактильный анализатор и слуховой, а на последнем месте располагаются обонятельный и вкусовой анализаторы. Трудно сейчас предполагать причины такого расположения анализаторов, но на основании отмеченного многообразия ощущений можно считать, что ЭМП обладают неспецифическим действием (в данном случае раздражающим) на все участки различных анализаторов. В этом отношении ЭМП удобно сравнить с электрическим током, который в зависимости от места его приложения может вызывать те или иные ощущения.

Впервые в 1896 году Д. Арсонваль сообщил, что можно было видеть вспышки света, когда голова человека помещалась в магнитное поле. Это явление, названное магнитным фосфеном, было изучено совсем недавно несколькими исследователями. Фосфен вызывается воздействием переменными магнитными полями напряженностью 200—1000 Э и частотой 10—100 Гц. Интенсивность фосфена была наибольшей примерно при частоте 20 Гц, и при такой низкой частоте он синхронизирован с магнитным полем. Между 30 и 100 Гц присутствует явление «помехи». При частоте выше 100 Гц эффект становится менее выраженным. Предполагали, что этот эффект возникает в сетчатке, и допускали, что его вызывают ЭДС индукции. Однако современная сводка работ по магнитофосфену указывает, что он может возникать в различных точках зрительного пути, включая зрительную кору.

В шестидесятых годах нашего столетия было обнаружено явление «радиозвука». Звуковое ощущение возникало только при локальном воздействии ЭМП диапазона радиочастот на височную область мозга, где расположены высшие слуховые центры. Высказано предположение о том, что ЭМП раздражает непосредственно слуховые нервы и нервные клетки слуховой области коры больших полушарий головного мозга.

Если образовать проводящий контур, притрагиваясь пальцем к языку, и разместить этот замкнутый контур, сформированный телом и руками, в магнитном поле (силой в несколько тысяч эрстед), можно почувствовать соленый вкус, который возникает вследствие накопления хлористого натрия на коже пальца. Такой феномен является результатом индуцированной ЭДС и протекания тока по контуру. Этот простой опыт показывает, что наблюдаемое здесь явление демонстрирует появление на мембранах индукционных токов, которые идентичны прохождению через мембрану электрических токов соответствующей интенсивности.

Известно, что подобным же образом при отсутствии движения переменные магнитные поля индуцируют токи в теле при любом проводящем пути. Наблюдаемый эффект увеличивается с увеличением  $\dot{\Phi}$  области прохождения тока, и скорости изменения магнитного поля. Показано, что испытуемый может ощущать чувство, похожее на электрический удар, когда он попадает в поле большого пульсирующего магнита. Действительно, величина ЭДС, которая может быть индуцирована современными магнитными устройствами, является теоретически достаточной для того, чтобы вызвать такие большие токи, которые могут привести к смерти животного или человека из-за фибрилляции сердца. Однако в действительности, по нашим данным, такой эффект никогда не наблюдался.

Переменное магнитное поле частотой около 1000 Гц могло вызвать у человека своеобразное чувство закладывания в носу.

Ко всем этим смутным «чувствам» ЭМП современные исследователи, включая и автора настоящей книги, относились очень скептически.

Сравнительно недавно, обобщая литературные данные, я отмечал, что поднесение постоянного магнита к различным частям тела вызывало у некоторых людей

слабые температурные или тактильные ощущения. Это совпадает с результатами, сообщаемыми исследователями прошлого века. Иногда в таких случаях возникали слабые болевые или смутные неприятные ощущения. К сожалению, как мне думалось, мы еще не научились измерять такие неясные ощущения, и потому это направление исследований едва ли может многое дать.

Когда же были проведены эксперименты, о которых частично говорилось на стр. 22—24, пришлось изменить мнение о возможностях сенсорной индикации ЭМП. Хотя измерять объективно можно было только время возникновения реакции после включения соленоида, но и этот показатель дал существенную информацию. Обнаружили, что реакция возникает не на каждое воздействие, что воздействие на голову ощущается хуже, чем на руку или ногу, что иногда испытуемый мог определить, слабое или сильное магнитное поле на него действовало.

Получается, что метод сенсорной индикации может дать за относительно короткое время некоторые сведения о характере действия ЭМП на человека, но основные реакции на этот физический фактор реализуются преимущественно на подсознательном уровне. Тогда ЭМП должно как-то повлиять на восприятие человеком других, ощущаемых раздражителей.

Изучая устойчивость ясного видения у 9 испытуемых, исследователи предъявляли им кольца Ландольта, т. е. кольца с разрывом, на протяжении 3 мин. Подсчитывали с помощью секундомера ту часть экспозиции, во время которой разрыв был ясно виден (по словесному отчету испытуемого). Затем включали электромагнит, между полюсами которого располагали голову испытуемого, и через 15 мин на фоне действия ПЭМП вновь определяли устойчивость ясного видения. Обнаружили, что в 82% случаев возникало снижение этого показателя. Недавно появилось сообщение о том, что испытуемые заявляли о кажущемся расширении светового пятна на экране во время воздействия постоянным магнитным полем на голову человека.

Вероятно, здесь уместно изложить и данные о влиянии ЭМП на психомоторные акты человека, поскольку их трудно отнести к безусловным рефлексам.

Американские исследователи отмечали изменение времени реакции человека при действии на головной



мозг магнитным полем напряженностью 5—11 Э. Зада-ние для испытуемых сводилось к кратковременному на-жатию телеграфного ключа в ответ на появление свето-вого сигнала. В первой серии опытов, проведенной на группе больных шизофренией, установлено отсутствие влияния ПМП на указанный психомоторный акт. В по-следующих опытах изучали влияние ПеМП с часто-тами 0,1 и 0,2 Гц. Наиболее заметный эффект, заклю-чающийся в увеличении времени реакции, вызывался ПеМП с частотой 0,2 Гц.

В СССР проводили работы по изучению влияния слабых МП различных параметров на деятельность че-ловека, выполняющего функции оператора. В качестве основного теста использовалось время простой двига-тельной реакции на световые, звуковые и тактильные раздражители. Кроме того, изучалось время реакции при более сложных видах деятельности (распознавание образов, простейшая мыслительная операция и слеже-ние за динамически меняющимся процессом).

Исследования проводились на 17 испытуемых в воз-расте от 19 до 23 лет. Результаты экспериментов пока-зали, что постоянное магнитное поле напряженностью 50 Э тормозит скорость протекания нервных процессов, о чем свидетельствует увеличение времени реакции и уменьшение скорости нарастания кожно-гальванической реакции. Изменение напряженности МП в сторону уве-личения либо уменьшения оказывает большее влияние на ЦНС, чем ПМП постоянной напряженности. Увели-чение напряженности ПМП действует сильнее, чем уменьшение. Чем сложнее деятельность, которой зани-мается испытуемый, тем быстрее возникают ответные реакции организма на действие ПМП и тем быстрее происходит адаптация к воздействию поля.

Существуют данные о повышении порога чувстви-тельности обонятельного анализатора у людей, подвер-гавшихся воздействию микроволн. Не перечисляя всех имеющихся сведений по изменению функционирования различных анализаторов человека под влиянием раз-личных ЭМП, мы можем отметить, что этот путь иссле-дования является перспективным. Уместно указать на тот факт, что четких обонятельных ощущений при дей-ствии ЭМП не было обнаружено, но сдвиги порога обо-нятельных раздражений были достаточно отчетливыми. Иными словами, коррегирующее (или изменяющее),

действие ЭМП выявляется более отчетливо, чем пусковое действие. Следовательно, результат воздействия ЭМП в значительной степени зависит от функционального состояния НС в момент воздействия.

Самым наглядным доказательством влияния электромагнитного поля на нервную систему служат гистологические исследования мозга и периферических отделов нервной системы у животных, побывавших в ЭМП. Показано, что в этом случае наблюдается увеличение сродства к серебру глиальных клеток мозга и повреждение отдельных нервных клеток. Интенсивность повреждения нейронов в спинном мозгу, например, усиливалась при двигательной нагрузке животного. Использование все более тонких гистологических и гистохимических методик поможет нарисовать более полную конечную картину изменений, вызываемых ЭМП в центральной нервной системе. Однако этот метод не дает возможности проследить динамику вызванных в нервной системе изменений у одного и того же животного.

Другое дело — запись электрической активности разных образований головного мозга. Трудно переоценить вклад динамических электрофизиологических методов в развитие электромагнитной нейробиологии. Хотя с методической стороны возникали трудности, связанные с возможным влиянием ЭМП (особенно радиочастотного диапазона) на электроды, с помощью которых регистрировались биоэлектрические реакции, различные ухищрения позволили выяснить, как меняется электрическая активность нервной системы при действии ЭМП.

В отличие от привычных раздражителей, которые приводят к немедленному учащению биопотенциалов мозга и снижению их амплитуды, ЭМП, действуя на голову животного, через 10—30 с после начала воздействия вызывало обратную картину: увеличение числа медленных высокоамплитудных колебаний и веретенообразных всплесков активности. Увеличение амплитуды биопотенциалов мозга в ЭМП отмечали у человека и разных животных: саламандр, голубей, кроликов, кошек, обезьян. Подобные изменения возникали обычно при засыпании человека или животного. Отмеченное сходство с сонным состоянием еще раз показывает, что ЭМП вызывает преимущественно тормозное состояние в центральной нервной системе.

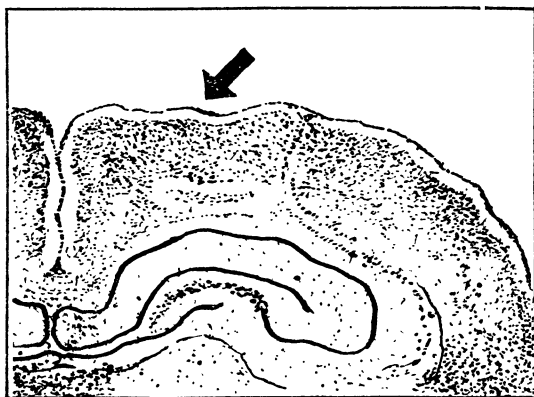


Рис. 13. Нейронально изолированная полоска коры головного мозга кролика. Отмечена стрелкой

Было обнаружено, что хотя все отделы мозга реагируют на ЭМП, наиболее интенсивное изменение электрической активности наблюдали в гипоталамусе, где располагаются высшие вегетативные центры, и в коре головного мозга, которая несет ответственность за высшую нервную деятельность. Иначе говоря, самые важные центры регуляции нервного и гуморального плана перестраивают свою деятельность в ЭМП. Это обстоятельство может использоваться для целенаправленного бесконтактного воздействия на многие функции организма.

Если воздействию ЭМП подвергать локальные участки коры головного мозга кролика, то можно было наблюдать генерализованную ЭЭГ реакцию, как и при воздействии на весь мозг целиком. Эти результаты указывают на перспективность узко локальных воздействий с целью регистрации распространяющихся процессов в головном мозге.

Электрическая активность нейронально изолированных участков мозга, т. е. кусочков нервной ткани, оставшихся в черепе и сохранивших связь только через кровяное русло (рис. 13), изменялась в ЭМП более отчетливо, чем в нетронutom мозге. Получалось, что органы чувств как бы «мешают» мозгу с полной отдачей реагировать на ЭМП. И другой вывод следовал из этих опы-

тов: любой участок мозга обладает способностью самостоятельно реагировать на ЭМП.

Поскольку структурной единицей мозга считают нервную клетку, было интересно проследить, как изменится ее электрическая активность в ЭМП, хотя подробнее о реакциях клеток мы будем говорить позже. Оказалось, что частота разрядов большинства нейронов уменьшалась независимо от того, брались ли эти нейроны в одном из отделов мозга кролика, в изолированном надглоточном ганглии таракана, в брюшной нервной цепочке или рецепторе растяжения речного рака. При внутриклеточном отведении биопотенциала от нервной клетки одного из брюхоногих моллюсков показано, что при действии ЭМП меняется поляризация клеточной оболочки.

Если на известные раздражители большинство нейронов увеличивает частоту разрядов, то при действии ЭМП большая часть нейронов тормозится, хотя определенная их доля отвечает и увеличением частоты. Можно заключить, что микроэлектродный электрофизиологический метод может дать еще много ценных сведений относительно специфических особенностей реакции нервной ткани на ЭМП.

Нейроны реагировали на ЭМП не сразу, как они это делают при действии известных раздражителей, а через несколько секунд. Следовательно, начальные механизмы воздействия ЭМП на нервную ткань реализуются где-то на субклеточном в нейроне уровне или в окружающих его глиальных клетках и сосудах. Электронномикроскопические исследования обнаружили наибольшее нарушение в ЭМП структуры митохондрий нейрона — внутриклеточных органелл, связанных с энергетическим обменом. Отрывочные биохимические данные свидетельствуют о повышении в головном мозге крыс при действии ЭМП содержания гамма-аминомасляной кислоты, которой некоторые исследователи приписывают роль тормозного медиатора. Иными словами, появляется все большее число нейрохимических работ, конкретизирующих сдвиги в нервной системе на субклеточном уровне при действии ЭМП. Это направление исследований сливается с широким кругом проблем электромагнитной биологии, решаемых на самых различных объектах, и здесь уже специфика нервной ткани отходит на задний план.

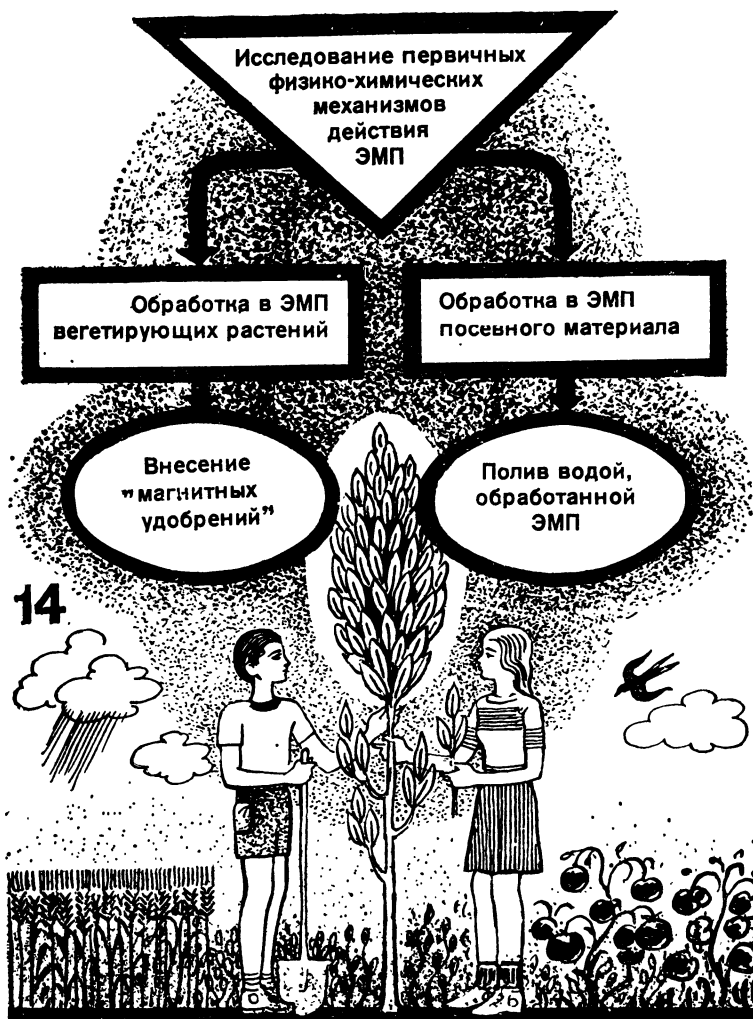


Рис. 14. Схема применения электромагнитных полей в растениеводстве (Гак, 1976)

*Влияние магнитного поля на живые организмы стало предметом реальных исследований лишь в самые последние годы, хотя поиски в этом направлении предпринимались с давних времен. Лишь недавно это явление было строго научно доказано на растениях.*

*(академик А. Л. Курсанов)*

Журнал английских фермеров сообщил в 1976 году, что согласно данным, полученным из США, предварительная обработка семян в магнитном поле 50 Э (т. е. в 100 раз более сильном, чем магнитное поле Земли) увеличивала всхожесть, созревание и урожайность культурных растений.

До сих пор каждому было известно, что урожай зависит от качества предпосевной обработки почвы (пахота, боронование, внесение удобрений и т. д.), от качества семян (высокие сортовые свойства, отсутствие сорняков и вредителей) и от климатических условий во время вегетационного периода (прежде всего от количества влаги и от температуры режима). В эти привычные веками сложившиеся взгляды на урожай никак не умещается мысль о важности пребывания предпосевных семян в магнитном поле.

Еще в прошлом веке такие известные ботаники, как Беккерель, Дютроши, Рейнке и другие эпизодически помещали различные растения в ЭМП и регистрировали некоторые реакции со стороны растений.

В СССР начало таких работ было положено П. В. Савостиным, работавшим в Томском университете в двадцатых и тридцатых годах текущего столетия.

Доцент кафедры физики Пермского медицинского института В. И. Кармилов наблюдал лучшее кушение растений и увеличение урожайности помидоров и картофеля, если перед посевом материал помещался в магнитное поле. У картофеля появлялись причудливой формы клубни.

Электромагнитной обработкой растений эпизодически занимался наш известный селекционер И. В. Мичурин, но систематические работы начинают проводиться с шестидесятих годов в Институте физиологии растений А. В. Крыловым, Г. А. Таракановой, Ю. И. Новицким и другими. О достижениях этой группы исследователей и пойдет речь впереди, хотя на работы П. В. Савостина и сейчас в известном смысле можно смотреть как на классические. По широте же и глубине поднятых им проблем он и до сих пор не имеет себе равных в растительной магнитобиологии.

П. В. Савостин показал, что растения чувствительны к действию постоянного магнитного поля. Магнитное поле действует на рост растений и его модификации (ростовые движения), на газообмен, поглощение минеральных элементов, движение протоплазмы в клетке и т. д.

Действенность поля зависит от его напряженности и конфигурации. Однако нет прямой корреляции между напряженностью поля и характером ответа на него, оно действует по многим каналам одновременно, и поэтому конечная реакция часто не соответствует ожидаемой.

Эффективность поля определяется также экспозицией и физиологическим состоянием растительного организма: этапом онтогенеза, суточной ритмичностью обмена, общим состоянием и функциональной напряженностью обмена веществ. Действие других факторов внешней среды играет здесь важную роль, ослабляя или усиливая действие основного фактора. П. В. Савостин предполагает, что геомагнитное поле является необходимым фактором внешней среды для высших растений, без которого их развитие нарушается.

Прошло около 25 лет, прежде чем вновь пробудился интерес к биологическому действию магнитного поля на растения. Начало новому этапу исследований положили работы А. В. Крылова и Г. А. Таракановой, для которых биологическое действие поля было связано с явлением магнитотропизма. Этот термин означал ускоренное прорастание семян, ориентированных перед прорастанием в сторону южного магнитного полюса по сравнению с ориентированными в сторону северного, а также усиленный рост корней и стеблей проростков «южного» варианта по сравнению с «северным» и загибание корневой системы у последнего в южную сторо-

ну. Такая реакция наблюдалась как в земном магнитном поле, так и в искусственном, напряженность которого доходила до 400 Э.

А. В. Крылов придавал открытому им явлению существенное значение, полагая, что раскрытие механизма магнитотропизма прольет свет на природу полярности у растений, механизм фотосинтеза, механизм роста и т. д.

В последние годы появились работы, подтверждающие опыты А. В. Крылова относительно существования различий в скорости прорастания и темпах последующего роста корневой системы растений при различной ориентации семени относительно вектора магнитного поля. Опыты канадского исследователя Питтмана, доказавшие существование магнитотропизма корневой системы у сельскохозяйственных культур в естественных условиях, открыли тропизм корней относительно поперечного и продольного направления силовых линий магнитного поля Земли и явились основой для рекомендаций по «ориентированному» севу.

Относительно тропизма стебля (а не корня, что отмечалось ранее) писал советский исследователь П. П. Чуваев. В зависимости от расположения проростка относительно стран света и широты места меняется угол изгиба coleoptily злаков относительно осей координат. Однако автор считает ответственными за данное явление наряду с геомагнетизмом также корниолисовы силы. Получается, что, кроме наблюдаемых П. В. Савостиным расстройств мутационных движений в искусственном магнитном поле у гороха, пока еще не получено иных доказательств действия магнитного поля на тропические движения стебля.

Рядового читателя привлекает прежде всего возможность влияния ЭМП на рост растений, а не на их ориентацию. Наиболее существенный вклад в развитие этой области внесли работы Ю. И. Новицкого с сотрудниками.

В слабом однородном магнитном поле колец Гельмгольца изучалось прорастание семян ржи, овса, бобов и других культур. Исследовалось действие двух напряженностей в 10 и 20 Э, направленных по и против вектора земного магнитного поля.

Удалось показать, что в обоих случаях ориентация семян зародышами по горизонтальной составляющей



ГМП увеличивает темпы роста семян в сравнении с другим направлением поля. Это различие в среднем не превышает 15—20%.

В случае длительного выращивания бобов на свету в условиях, когда их корневая система все время находилась в однородном поле, усиленном по сравнению с земным в 10 раз, а надземная часть выходила за пределы этого поля, через 30 дней отмечали увеличение длины корневой системы по сравнению с контролем.

Как выяснилось при цитологических исследованиях областей корневой системы, подвергавшихся действию магнитного поля, причиной измененной картины роста является действие поля на процесс клеточного деления и растяжения клеток в зоне роста.

Высказывалось предположение о том, что магнитное поле Земли является естественным фактором распределения корневой системы в почве, причем для доказательства регулирующего значения ЭМП приводили не только опыты с искусственным полем, вызывающим изменение направления усиленного прорастания семян, но и соответствующими исследователями М. П. Травкиным и Ю. И. Новицким ориентации корневых систем в естественных условиях аномального поля Курской магнитной аномалии, где характерное преимущественное распределение корневых борозд по двум главным направлениям С — Ю и В — З у сахарной свеклы смещается вслед за изменением магнитного склонения.

Говоря об интимных сторонах действия ЭМП на растения, отметим, что прежде всего нарушение цикла клеточного деления является одним из наиболее тяжелых последствий действия поля. По мнению В. Ю. Стрековой, профазы клетки является тем наиболее вероятным звеном в клеточном цикле, куда прикладывается действие сил поля. При этом она считает, что магнитное поле само по себе может вызывать нарушения хромосом.

В опытах А. А. Позолотина показано, что в зависимости от дозы радиации ЭМП может либо стимулировать, либо угнетать рост гороха после воздействия на него ионизирующей радиации, изменять течение митоза и т. д. Постоянное магнитное поле независимо от его напряженности обладает биологическим действием, но не вызывает хромосомных аббераций, хотя и способно

повысить митотическую активность в меристеме гороха в начале первого после воздействия митоза.

Подводя итоги тому, что известно на сегодняшний день о действии постоянного магнитного поля на растения, Ю. И. Новицкий отмечает, что эффективными оказались поля и высоких и низких напряженностей. Поля высоких напряженностей (более 1000 Э), как правило, подавляли рост корней, а низких стимулируют его. Торможение и стимуляция роста сопровождаются нарушениями митотической деятельности клеток корня. Градиент поля и его направление определяют распределение корневой системы в пространстве и, следовательно, могут влиять на минеральное питание растений.

Поля высоких напряженностей влияют на фотосинтез, снижая его интенсивность и вызывая изменения в направленности образования основных его продуктов. Изменяются газовый и энергетический режим растительной клетки: снижается потребление кислорода, изменяется сопряженность процессов окисления и фосфорилирования.

Помещение растений в ослабленные магнитные поля приводило к постепенной деформации растительного объекта. В большинстве случаев действие усиленного и ослабленного магнитного поля обратимо при возврате растений в нормальные условия.

Краткое перечисление реакций растений на ЭМП показывает, что ботаники меньше уделяли внимания этим вопросам, чем зоологи и медики, что стремление использовать еще слабо изученное явление в практических целях здесь преобладает. В этой связи, кроме электромагнитной обработки семян, можно указать на ориентированный сев, на использование магнитных удобрений для повышения урожайности и на применение обработанной ЭМП воды для полива (рис. 14).

Напомним, и растения, и животные, и человек находятся в одном и том же естественном электромагнитном океане. Его приливы и отливы в одинаковой степени могут влиять на перечисленные биологические системы, к которым следует еще добавить и многочисленные микроорганизмы. Следовательно, клеточный уровень организма присущ всем живым существам (исключая вирусы), а реакции клеток на ЭМП помогут понять и реакции организмов на этот физический фактор.

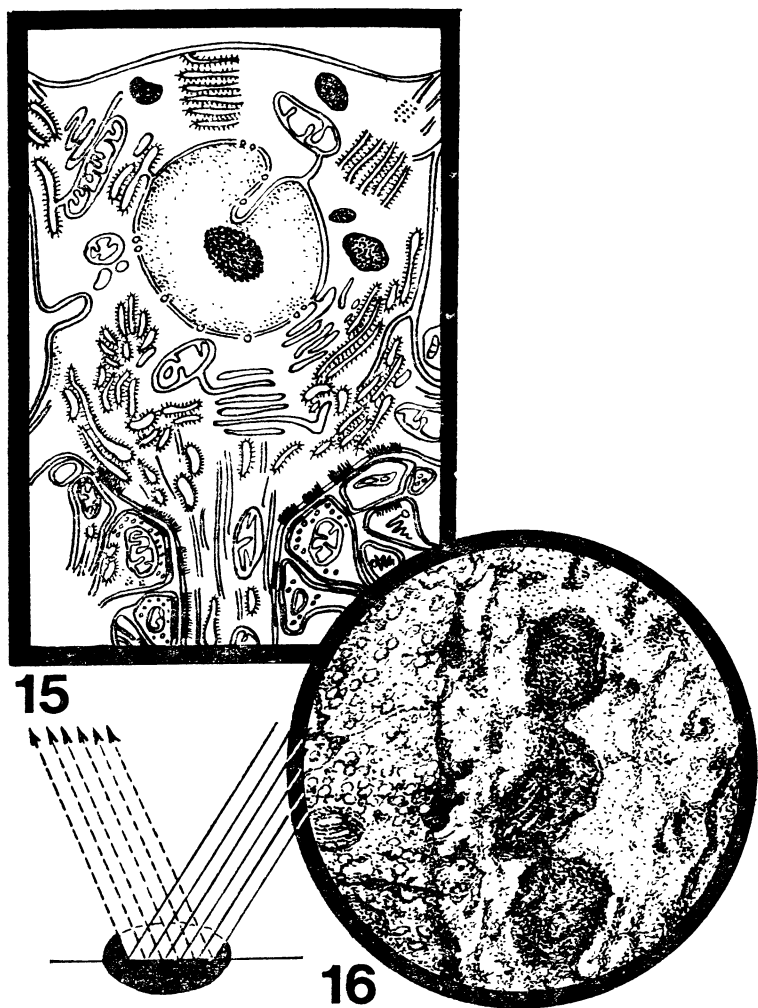


Рис. 15. Схема строения живой клетки

Рис. 16. Реакция митохондрий на ЭМП. Снимок в электронном микроскопе

## Глава VIII

## Как живая клетка реагирует на электромагнитные поля

*Изменения в процессах метаболизма под влиянием магнитных полей должны отразиться на ряде таких функций клетки, как проницаемость и вязкость мембран, на синтетических процессах, на потреблении  $O_2$  на обмене  $H_2O$  и т. д.*

*(член-корреспондент АН СССР  
Л. А. Пир у з я н)*

О клетках можно говорить, как о части, входящей в состав сложного растительного или животного организма, как об изолированном участке той или иной ткани, живущей собственной жизнью только в искусственных условиях (культуры тканей), и как об отдельном организме, существующем в естественных условиях в виде одной клетки.

В лаборатории Ростовского государственного университета под руководством профессора А. Б. Когана проводились исследования и на одноклеточной парамеции, и на изолированном рецепторе растяжения, принадлежащем сложному организму речного рака.

В опытах на парамеции отмечали изменения в ее поведении, в фагоцитарной активности, в перераспределении цитоплазматической РНК, в биохимических процессах (в частности, гликолиза). В изолированном нейроне речного рака обнаружили перемещение глыбок РНК от периферии клетки к ее ядру.

Уместно заметить, что еще в 1886 году немецкий исследователь Дюбуа наблюдал изменение роста колоний микроорганизмов в ЭМП. За прошедшие годы по этой теме опубликованы сотни работ, в которых чаще всего отмечали угнетение роста и развития микробов.

Особенно интенсивно влияние различных ЭМП на микроорганизмы изучает профессор С. А. Павлович в Калининском медицинском институте. Он исследовал влияние усиленных и ослабленных искусственных ЭМП на характер роста бактерий, деятельность их ферментных систем, содержание нуклеиновых кислот, лизогенную активность, устойчивость к высокой температуре

и т. д. Показано, что результат воздействия определяется биотропными параметрами ЭМП и видовыми особенностями микроорганизмов. В некоторых случаях ЭМП обладает мутагенным влиянием на микроорганизмы.

Влияние искусственных слабых пульсирующих магнитных полей на различные показатели жизнедеятельности бактерий и на иммунобиологическую устойчивость экспериментальных животных отмечает доцент Азербайджанского медицинского института Н. Н. Алиев.

Многие другие советские и зарубежные исследователи отмечали влияние различных ЭМП на микроорганизмы, что заставляет надеяться на возможность управления с помощью ЭМП деятельностью низших организмов для практических целей микробиологической промышленности, медицины и ветеринарии.

Действие на микроорганизмы ЭМП в диапазоне низких и сверхнизких частот в области малых напряженностей почти не изучено. Эксперименты для проверки гипотезы А. Л. Чижевского о влиянии солнечной активности на биосферу через изменения напряженности ЭМП были поставлены в Крымском медицинском институте.

Культуры бактерий различных видов помещали в конденсатор, куда подавали напряжение разной интенсивности и частоты. Экспозиция была постоянной и составляла обычно 18—20 ч. Изучали влияние ЭМП на жизнеспособность бактерий, интенсивность размножения, чувствительность к антибактериальным препаратам, генетический аппарат, а также морфологические, культуральные, ферментативные и антигенные свойства.

Установлено, что ЭМП как сверхнизких, так и звуковых частот влияют на жизнедеятельность изученных микроорганизмов.

Наиболее выраженной биологической активностью обладали ЭМП с частотами 2,6 и 10 кГц.

Необходимо упомянуть о влиянии ЭМП на изолированные органы и на культуру тканей многоклеточных животных. Сюда прежде всего относятся опыты с изолированным нервно-мышечным препаратом лягушки, с кровью в пробирке, с культурами опухолевых и эмбриональных тканей. Во всех случаях наблюдали реакции на ЭМП, например, при изучении влияния магнитного поля на культуру ткани сердца цыпленка наблюдали

образование гигантских многоядерных клеток.

Заметное угнетение клеточного деления в ЭМП отмечали в культурах клеток млекопитающих: клетках амниона человека, клетках почки обезьяны, клетках почки эмбриона свиньи, клетках тканей мыши и китайского хомяка. При детальном анализе этого явления установлено, что на искусственные усиленные и ослабленные ЭМП реагируют клетки, находящиеся в премитотическом периоде клеточного деления.

Когда влияли импульсным магнитным полем на культуру ткани фибробластов куриных эмбрионов, то обнаружили, что под влиянием этого ЭМП культура раньше переходила из латентного состояния в логарифмическую фазу роста. Культура, находящаяся в логарифмической фазе роста, на воздействие отвечала повышением митотической активности клеток.

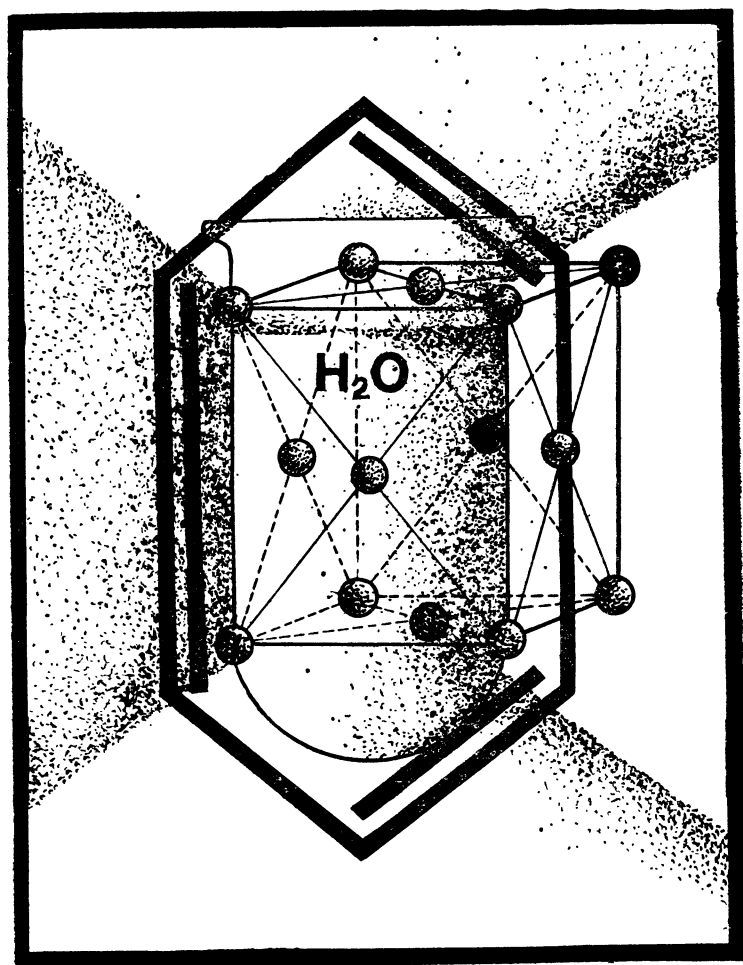
Делящиеся клетки обычно активнее реагируют на ЭМП, но это не означает, что неделящиеся клетки безразличны к ЭМП. Примером могут служить нейроны, о которых много говорилось ранее.

С другой стороны, изменение структурных и инфекционных свойств вируса табачной мозаики под влиянием магнитных полей свидетельствует о том, что изолированные субклеточные структуры тоже могут реагировать на ЭМП (рис. 15).

Когда мы заговорили о субклеточных структурах, то следует сказать о том, что наглядное изучение их изменений возможно электронно-микроскопическим методом. Было показано, что митохондрии, эти энергетические станции клеток, наиболее интенсивно реагируют на ЭМП, где бы они ни находились — в растениях, в печени или в головном мозге (рис. 16).

Другое внутриклеточное образование — эндоплазматический ретикулум — также изменяет свое ультрамикроскопическое строение после воздействия ЭМП. Конечно, не остаются безразличными к этому физическому фактору и ядро, и рибосомы, и лизосомы, что показано и биохимическим методом.

Обобщение этих данных приводит к выводу о том, что главные процессы, связанные с реализацией действия ЭМП на живую ткань, могут происходить на мембранах, которые свойственны всем внутриклеточным органеллам. Обсуждение этого вывода требует перехода к молекулярным основам биологического действия ЭМП.



*Не исключено, что молекулярные механизмы влияния магнитного поля на химические реакции играют существенную роль в поведении биологических систем в магнитном поле.*

*(профессор А. Л. Бучаченко)*

Какие же молекулы сильнее реагируют на колебания электромагнитного океана? Детальные ответы на этот вопрос должна бы дать электромагнитная химия, которая только еще зарождается и, как новорожденный человек, еще не может отвечать. Рассуждая последовательно и логически, мы должны переходить от биологической структуры, мембраны, к молекулам, ее составляющим.

Имеются уже многочисленные сведения о том, что многие ферменты (т. е. белковые молекулы) меняют свою активность после пребывания в ЭМП. Высказывалось мнение, что, например, в сильных магнитных полях происходит переориентация большой молекулы белка и потому меняются ее свойства. Большое значение в биологическом действии ЭМП придают также липопротеидным комплексам и даже микроэлементам.

Когда крыс помещали в ЭМП СВЧ-диапазона или промышленной частоты, отмечали, что содержание меди уменьшалось в ее главном депо — печени и увеличивалось во всех «исполнительных» органах и в крови. Содержание марганца увеличивалось в его депо: печени и почках, а также в селезенке, сердце, коже и крови, но снижалось в твердых тканях (кости, зубы). Содержание железа уменьшалось во многих органах, так как оно выводилось из организма обычными путями. Подобная судьба у молибдена: его содержание увеличивалось лишь в почках, т. е. он уже находился на пути к выделению.

Конечно, в описываемых событиях микроэлементы, скорее всего, выполняют пассивную роль, подчиняясь



регуляторным процессам целостного организма, но появляются сведения о том, что некоторые металлы меняют скорость окисления при помещении их в ЭМП.

Пожалуй, самая сложная судьба у идеи о возможности влияния ЭМП на биологические системы через изменения свойств водных систем. Споры (и очень жаркие) о существовании такой возможности продолжаются по сей день. Крайняя точка зрения была высказана итальянским исследователем Дж. Пиккарди, заявившим в 1962 году, что, возможно, только через посредство воды и водных систем внешние силы способны воздействовать на живые организмы. Чаще всего физики резко нападают на такую точку зрения, а биологи приводят доказательства ее правомерности. В связи с этим уместно привести мнение лауреата Нобелевской премии А. Сент-Дьерди, утверждавшего (правда, по другому поводу), что «все это делает взаимоотношения физиков и биологов очень сложными. Биолог зависит от суждения физиков, но вместе с тем он должен быть очень осторожен, когда ему говорят, что то или иное событие или явление невероятно. Если бы я всегда соглашался с вердиктом физиков, то мне пришлось бы бросить это направление моих исследований. Я счастлив, что не сделал этого. По моему мнению, во всяком случае сейчас, наилучшее решение заключается не в превращении биологов в физиков и наоборот, а в их сотрудничестве».

К высказываниям этого известного биохимика мы еще вернемся, а сейчас рассмотрим подробнее факты о биологическом действии водных систем, обработанных ЭМП.

К настоящему времени накопилось несколько десятков разрозненных публикаций, свидетельствующих о том, что водные растворы, побывавшие в искусственном увеличенном ЭМП, меняют свои биологические свойства. Идея о возможности изменения биологических свойств воды в МП была высказана не позже XVIII века, когда физик Де Гарсю из Женевы лечил многие заболевания, давая больным пить омагниченную воду, приготовляя из нее ванны или делая клизмы.

Возрождение интереса к биологическому действию омагниченной воды, а вернее, омагниченных водных растворов (ОВР), наблюдается в шестидесятых годах нашего столетия в связи с успехами магнитобиологии. Хотя практическая выраженность появившихся публи-

каций четко очерчена (лечебное действие ОВР, гигиеническая оценка ОВР, применение ОВР в сельском хозяйстве и т. д.), теоретическая основа отмечаемых эффектов настолько не разработана, что некоторые физики и биологи вообще отказываются верить в существование этих эффектов. Такой скептицизм объясняется не только инертностью человеческого мышления, но и определенными пробелами в общей картине фактов о биологическом действии ОВР. Можно утверждать, что за серьезное изучение комплекса проблем, связанных с биологическим действием ОВР, еще не принимались.

Изучение на молекулярном уровне механизма биологического действия ОВР пока ведется слишком ограничено. Известна только диссертационная работа И. В. Тюнькова, в которой установлено, что свежестиллированная вода, обработанная в ПМП, понижала активность ферментов АТФазы, актомиозина, уреазы и фосфоглюкомутазы и не влияла на активность кислой фосфатазы.

Разрозненность и малочисленность данных не позволяет еще нарисовать хотя бы схематичную картину, свойственную обычным биологическим реакциям. Хотя идея о биологическом влиянии ЭМП через воду высказывается достаточно часто, она не является единственной.

Отмечается возможность смещения равновесия в химических реакциях, изменение скорости диффузии, влияние на жидкокристаллические структуры, влияние на поляризацию ядер и электронов и т. д.

В настоящее время становится все более очевидным, что квантовомеханические подходы к выяснению механизма действия ЭМП на биологические объекты играют ведущую роль в дальнейшей разработке этой проблемы. Об этом пишут член-корреспондент АН СССР Л. А. Пирузян с В. М. Аристарховым и лауреат Государственной премии за 1977 год А. Л. Бучаченко.

В этой связи представляет интерес молекулярный механизм биологического действия ЭМП, на который обратил внимание исследователей кандидат медицинских наук М. А. Шишло, чьи работы по влиянию ЭМП на биохимические процессы широко известны. Рассматривая возможные пути биологического действия ЭМП, он базируется на представлениях о том, что одним из основных свойств, которые определяют высокую чув-

ствительность биосистем к ЭМП, является их неустойчивость. Однако этого заключения оказывается недостаточно, ибо хорошо известно, что неустойчивость является причиной формирования катастроф и приводит к разрушению функционирующих систем. Необходимо, чтобы механизм формирования неустойчивости был бы специфичен для биологических систем и соответствовал бы современным представлениям о том, что динамическая неустойчивость есть, по существу, характерное биологическое свойство, тесно сопряженное с биологическими ритмами.

Было высказано предположение о том, что в основе такого свойства лежит проявление неустойчивости многоатомных систем. В формировании последних первостепенную роль играют ионы металлов, таких, как железо, марганец и др., известные в биологии как микроэлементы.

В фундаментальных исследованиях молдавского химика И. Б. Берсукера было показано, что поведение подобных систем описывается с позиций туннельного расщепления адиабатического потенциала на несколько эквивалентных по энергии и симметрии минимумов, каждому из которых соответствует устойчивая конфигурация ядер. Переходы между такими минимумами осуществляются путем медленных заторможенных движений — туннелирований. В исследованиях И. Б. Берсукера было показано, что подобные многоатомные системы имеют одно замечательное свойство — усиливать внешнее возмущение за счет механизма вибронного усиления.

М. А. Шишло было сделано предположение, что в кооперативной цепочке из таких ячеек можно эффективно осуществлять перенос электрона и протона и их разделение. Благодаря сопряжению с химической реакцией можно получить замкнутый элементарный цикл, лежащий в основе формирования трансмембранных градиентов потенциалобразующих ионов и, следовательно, разности электрических потенциалов на мембране. Была построена схема функционирования отдельного звена мембраны митохондрий, в которой нашли свое второе рождение представления известного американского исследователя Д. Грина о хемивибронноэлектрическом механизме разделения заряда в мембранах и макромолекулах.

Поскольку в основе первичных эффектов МП лежит явление расщепления электронных уровней, они оказываются способными вмешиваться в саму основу формирования специфических биологических свойств. В зависимости от параметров МП в подобных кооперативных системах можно ожидать проявление всех закономерностей, реализация которых определяется более высоким и специфичным для биосистем надмолекулярным уровнем интеграции, свойства симметрии которого и определяют конечный ответ системы на внешнее ЭМП.

В электромагнитной биологии намечается новый этап развития, который начинает привлекать внимание теоретиков и экспериментаторов, представляющих разные науки.

Решение многих проблем уже выходит за пределы биологии, и можно присоединиться к мнению известного американского физика Ф. Дайсона, считавшего, что физика не может успешно развиваться, если она изолирована от остальных наук. В частности, физика должна быть в тесном контакте с биологией.

Однако среди многочисленных гипотез о механизме биологического действия ЭМП имеется совсем «нехимическая», связанная с возможностью взаимодействия внешних ЭМП с ЭМП, генерируемыми биологическими объектами.

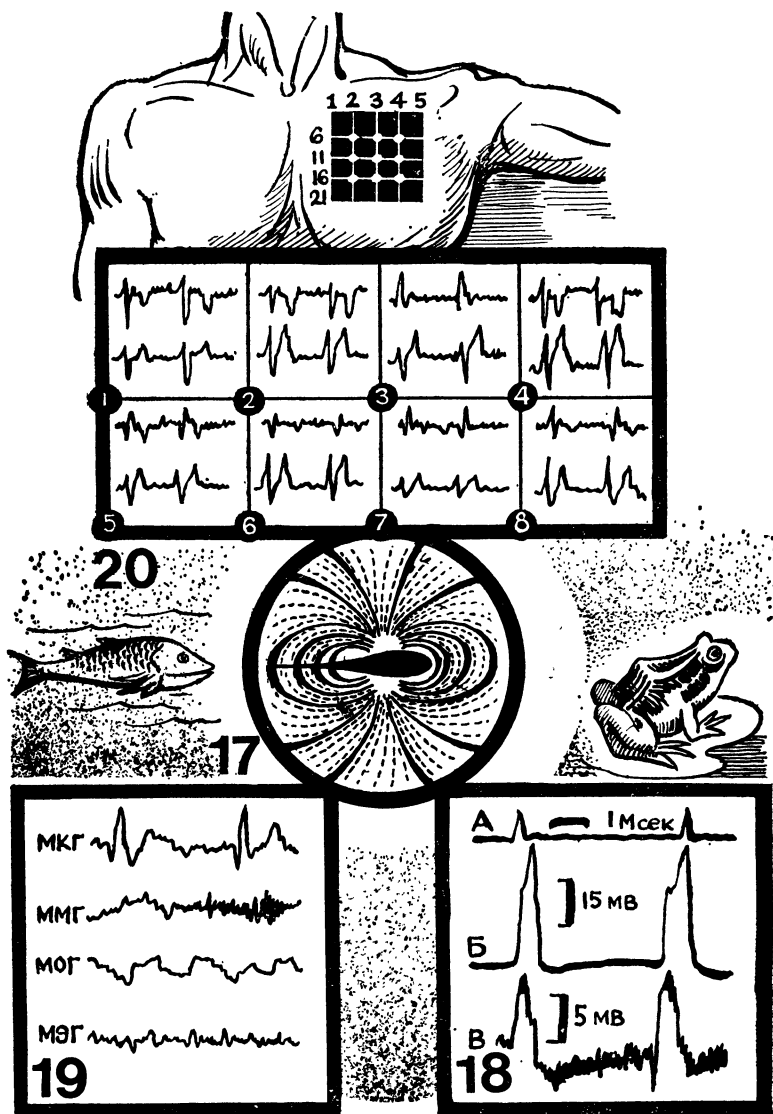


Рис. 17. Электрическое поле рыбы (Протасов, 1972). Рис. 18. Электроаурораграмма седалищного нерва лягушки (Шлиппенбах, 1975). Рис. 19. Запись магнитных полей различных органов человека. МКГ — магнитокардиограмма, ММГ — магнитомнограмма, МОГ — магнитоокулограмма и МЭГ — магнитоэнцефалограмма. Рис. 20. Одновременная запись магнитокардиограммы (верхняя кривая) и электрокардиограммы (нижняя кривая) у одного и того же испытуемого с одних и тех же участков груди (отмечены цифрами)

*Данные о внешних естественных электрических полях и об изменениях в среде, вызываемых излучаемыми электрическими полями биологического происхождения, составляют чрезвычайно важную информацию в экосистеме, частью которой являются водные позвоночные.*

*(профессор Т. Буллок)*

Говорят, что в каждом из нас заключена часть первичного водного океана, в котором зародилась жизнь. Электролитный состав крови очень напоминает морскую воду. Но ведь и электромагнитный океан явился колыбелью жизни. Не сохранилась ли в нас то пра-пра-ЭМП, чьи усилия жизнь породили? Известный нейрофизиолог академик П. К. Анохин, исследуя возникновение условного рефлекса, отмечал, что основой развития жизни и ее отношения к внешнему неорганическому миру были повторяющиеся воздействия этого внешнего мира на организм. Конкретно эти воздействия не названы (исследования биологического действия ЭМП в лабораториях П. К. Анохина начались только в конце его жизни), но наилучшим кандидатом являются ЭМП.

Стало уже банальностью говорить об электрической активности, как о свойстве всего живого. Обычно под этим подразумевают существование меняющихся биопотенциалов, определяемых интенсивностью биохимических реакций и существованием биологических мембран. Наш разговор — об ЭМП.

В этой области пока только на примере рыб убедительно показано биологически значимое существование разных по силе живых генераторов ЭМП. Здесь мы ограничимся обсуждением только электрической составляющей ЭМП. Вероятно, впервые его замерил английский физик Джон Деви в 1832 году у одной из электрических рыб, хотя этих экзотических животных с усердием изучали такие всемирно известные естествоиспытатели прошлого века, как А. Гумбольд, П. Дюбуа-Раймон, М. Фарадей и другие.

Начало современного этапа в изучении биоэлектрических полей рыб связывают с именем английского эколога Х. Лиссмана, который в 1958 году, используя современную электронную технику, показал, что некоторые рыбы используют свои ЭМП для локации и связи (рис. 17). Сейчас такие работы интенсивно развиваются<sup>5</sup>.

Еще раньше морфологи, изучавшие строение рыб, отметили у некоторых их представителей наличие специальных органов, которые генерируют ЭМП, и специальных органов чувств (электрорецепторы), которые их воспринимают.

Предполагается, что из 20 тысяч видов рыб, плавающих сейчас в водоемах Земли, не менее 300 видов способны создавать ЭМП. По напряженности создаваемых ими ЭМП рыб можно разделить на три группы: электрических, создающих ЭМП свыше 20 В с целью нападения и обороны, слабоэлектрических, создающих ЭМП до 17 В с целью локации и связи, и неэлектрических (до нескольких милливольт). Генерируемые рыбами ЭМП располагаются в полосе частот до 2 кГц. Они создаются или специальными электрическими органами, или неспециализированными нервно-мышечными структурами.

Биологические ЭМП ничем не отличаются по своим свойствам от ЭМП, созданных техническими генераторами, т. е. имеют электрическую и магнитную составляющую, ослабевают с расстоянием и т. п.

Наверняка, у биологических ЭМП имеются те же биотропные параметры, как и у искусственных ЭМП. Во всяком случае уже известно, что рыбы более чувствительны к переменным полям в сравнении с постоянными, что реакция зависит от частоты, формы и длительности импульсов.

Чувствительность рыб одной группы располагается в пределах 0,01—0,1 мВ/см, а другой — в пределах 10—100 мВ/см, т. е. на несколько порядков ниже. В первом случае речь может идти о своеобразном «электрическом восприятии» внешней среды. Предполагают, что центры, регулирующие электрорецепторы, располагаются в продолговатом мозге и мозжечке. Следовательно, для неко-

---

<sup>5</sup> В. Р. Протасов. Биоэлектрические поля в жизни рыб. М., ЦНИИИТЭИРХ, 1972.

торых животных электромагнитный океан становится зримым.

Главные направления в использовании биологических ЭМП рыбами заключаются в обороне и нападении, в пространственной ориентации (локация и навигация) и в сигнализации, связанной с общением между биообъектами. Интересно, что группа рыб на ЭМП реагировала лучше, чем одиночная особь. Возникают интересные вопросы об эволюционной исключительности рыб при использовании ЭМП. Можно надеяться, что некоторые стороны использования ЭМП рыбами со временем будут обнаружены и у других водных или наземных животных. И, конечно, будет решен вопрос о том, может ли человек, произвольно меняя свое ЭМП, передавать информацию другому человеку.

Впервые в «сухопутных» условиях электрические поля удалось зарегистрировать у земноводных животных. Но это случилось не потому, что у земноводных ЭМП сильнее, чем у растений, птиц или млекопитающих, а по той причине, что лягушка явилась излюбленным и удобным экспериментальным объектом для нейрофизиологов. Как раз изолированный седалищный нерв гигантской лягушки был объектом исследований американцев Барра и Маура, которым удалось на расстоянии до 12 мм отмечать возникновение ЭМП в момент возбуждения нерва.

Более детальные работы по регистрации электрических ауральных (от греческого слова аура — воздух) полей у различных сухопутных животных и у человека проводятся с 1966 года в Ленинградском государственном университете под руководством профессора П. П. Гуляева. Были подтверждены данные о существовании ЭМП у возбужденного изолированного нерва лягушки (рис. 18). Впервые обнаружили ЭМП у возбужденного изолированного рецептора растяжения речного рака, у комара и шмеля во время их полета.

Если ограничиться обсуждением роли биологических ЭМП только в деятельности нервной системы, то следует разобрать вопрос об эфаптической передачи информации в нервной системе (от греческого слова эфпто — зажигаю).

Нужно отметить, что сам факт синхронизации в активности большого числа нервных клеток привел к пред-



положению об их объединении не только синаптическим (контактным), но и эфаптическим (через ЭМП) путем.

В сороковых годах нашего века при использовании метода перерезок удалось получить факты, которые позволили выдвинуть теорию об электрическом взаимодействии нервных клеток коры больших полушарий головного мозга. Отмечается роль эфаптической передачи в деятельности рядом расположенных нервных волокон. Кроме того, эта проблема обсуждается и при изучении перехода нервного возбуждения на эффекторный орган, в частности на мышцу.

При изучении условий перехода на нейронально изолированную полоску коры головного мозга высокоамплитудных судорожных разрядов, вызванных отравлением стрихнином интактной части полушария, констатировали, что такой переход возможен, если генерируются биопотенциалы не ниже 500 мкВ. В случае регистрации электрической активности отдельных нейронов полоски отмечали, что эфаптическое воздействие может как возбуждать, так и тормозить импульсную активность нейронов.

Нужно отметить, что нейрофизиологи, изучающие эфаптическое распространение нервного возбуждения, обычно не обсуждают вопросы возможного моделирования такого распространения с помощью воздействия искусственных ЭМП. Эфаптическое воздействие для них значит прежде всего несинаптическое. На доказательстве различий в этих воздействиях они сосредоточиваются, и о параметрах ЭМП, осуществляющих эфаптическое воздействие, мы пока имеем очень смутные представления.

Из многочисленных вопросов, связанных с биоэлектромагнитными явлениями, рядового читателя прежде всего интересует возможность регистрации ЭМП вокруг человека. В лаборатории ленинградского нейрофизиолога профессора П. И. Гуляева показано, что все живые существа активно создают вокруг себя ЭМП, которые несут информацию о функциональном состоянии отдельных органов. Прежде всего регистрируется таким способом активность сердца, потом мышц и, наконец, мозга.

Суммарное электрическое поле организма состоит по крайней мере из двух частей: электротонической, связанной с активностью отдельных органов, и трибоэлек-

гической, обусловленной механическим движением частей тела, несущих поверхностный электрический заряд. Идет спор о существовании двух или одного (последнего) источника электрических полей, которые регистрируются вокруг организма.

Меньше споров возникает сегодня при регистрации магнитной составляющей ЭМП биологического происхождения.

Мне посчастливилось в составе коллектива исследователей проводить измерения магнитного поля человека с помощью разработанной в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР градиентометрической схемы на основе датчиков с оптической накачкой в парах щелочного металла цезия. Градиентометр позволяет измерять градиенты магнитного поля в полосе от 0 до 50 Гц с чувствительностью около  $10^{-8}$  Э.

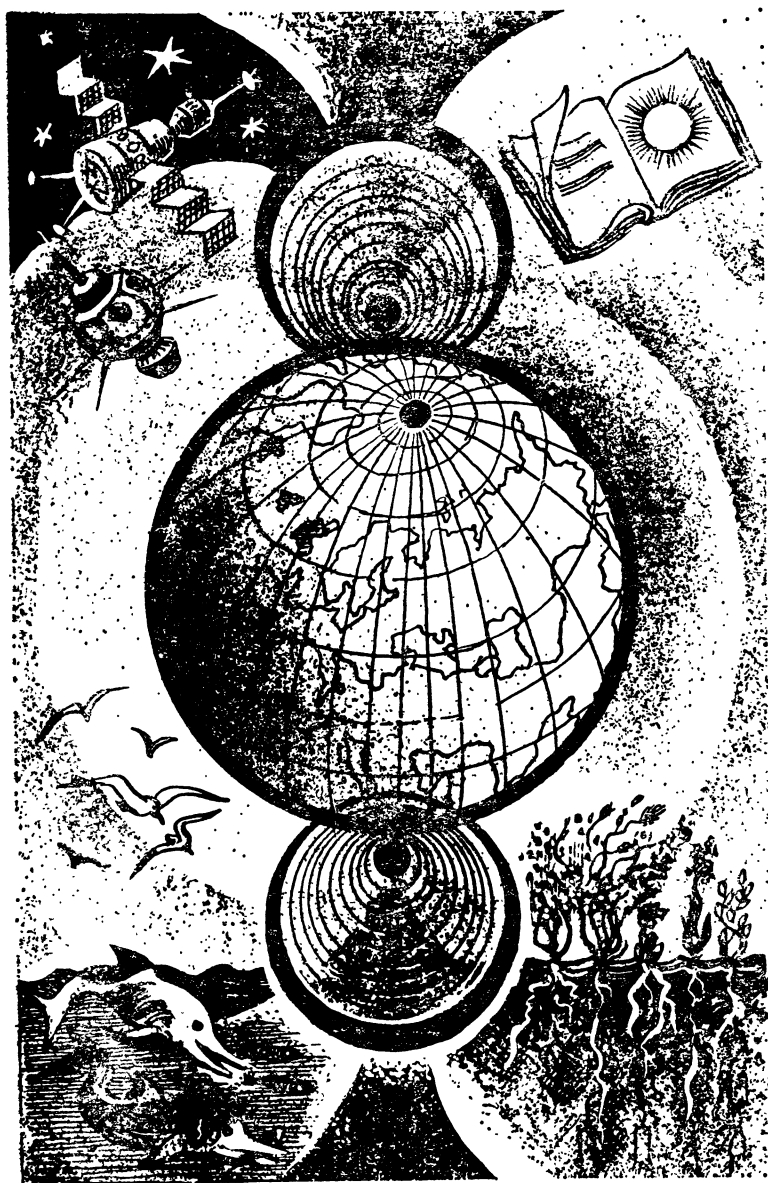
На рис. 19 приведены примеры записи магнитокардиограммы (МКГ), магнитомиограммы (ММГ), при сокращении бицепсов, магнитоокулограммы (МОГ), возникающей при моргании, и магнитоэнцефалограммы (МЭГ). Видно, что магнитометр может регистрировать как медленные (включая статические), так и достаточно быстрые магнитные поля человека, возникающие при напряжении мышц.

На рис. 20 приведены ЭКГ и МКГ одного испытуемого. Как можно видеть, различий ни в форме, ни в параметрах между ЭКГ и МКГ в большинстве позиций отведения не наблюдается, не считая изменения фаз и выраженности отдельных зубцов ЭКГ и МКГ.

Мы могли регистрировать аналогичные по информативности МКГ в одной и той же позиции датчики на разных расстояниях до 7 см от поверхности груди.

Перспективность применения магнитографических методов в диагностике заключается в том, что они осуществляются бесконтактно и дают иногда больше информации, чем электрографические методы, регистрируя одновременно стационарные и динамические процессы.

С теоретических позиций возможность регистрации ЭМП биообъектов позволяет предполагать синхронизирующую роль этих полей при объединении деятельности различных частей организма и вероятность влияния внешних естественных и искусственных ЭМП на эти поля.



## Заключение

*Согласно лукрецианской биохимии, между молекулами не происходит взаимодействия без непосредственного их соприкосновения. В этой книге поддерживается идея, что многообразные взаимодействия могут происходить без такого вещественного контакта либо посредством энергетических связей, либо посредством электромагнитного поля, которое, таким образом, вместе с водой и ее структурами представляется матрицей биологических реакций.*

*(лауреат Нобелевской премии  
профессор А. Сент-Дьерди)*

Приведенная в эпиграфе цитата показывает, что взятое нами в виде путеводной нити сравнение ЭМП с водой имеет какие-то более глубокие корни. Вероятно, жизнь на Земле формировалась при использовании наличного материала, куда входили и вода и ЭМП. Чтобы детальнее понять роль ЭМП в жизнедеятельности биосферы, необходимы усилия многих совершенно различных специалистов, объединенных идеей «биологизации» их целей. Такой процесс уже начался.

В начале ноября 1977 года в США состоялся Международный симпозиум по биологическому действию ЭМП. Знаменательно, что инициатором организации такого симпозиума явился Международный союз радионаук. В специальном постановлении, принятом в 1975 году, этот Союз на своей Генеральной Ассамблее образовал Рабочую группу по изучению влияния ЭМП на биологические системы.

На симпозиуме присутствовало около 300 участников из 18 стран. Обсуждались проблемы, связанные с гигиенической оценкой различных ЭМП (особенно привлекал внимание радиочастотный диапазон и промышленная частота), с терапевтическим действием ЭМП (особенно при онкологических заболеваниях) и с выяснением физико-химических механизмов биологического действия ЭМП. Участие в работе симпозиума представителей физических и технических наук позволило конструктивно решать вопросы создания и измерения ЭМП разных диапазонов. Симпозиум показал плодотворность международных встреч разных специалистов, и в связи с этим принято решение продолжить обсуждение вопросов

биологического действия ЭМП на следующей Генеральной Ассамблее Союза радионаук, которая состоится в Хельсинки (Финляндии) в августе 1978 года.

Интересно отметить, что другая конференция технического профиля, а именно Шестая международная конференция по магнитной технологии, состоявшаяся в начале сентября 1977 года в Братиславе (Чехословакия), также включала в повестку дня своей работы сообщения о биологическом действии магнитных полей.

Описываемые международные встречи ученых показали, что процесс интернационализации проблем электромагнитной биологии диктуется научно-техническим прогрессом. Наша страна занимает одно из ведущих положений в этой области знаний. Налаживаются полезные контакты ученых разных стран. В декабре 1976 года в г. Мэриленд (штат Флорида, США) состоялся Второй итоговый советско-американский симпозиум по проблеме «Гигиена окружающей среды», в программу работы которого входили и вопросы влияния ЭМП на первую систему.

Уместно заметить, что научная политика США в значительной мере игнорировала проблемы электромагнитной биологии на протяжении 10 лет, начиная с 1960 года. 1970 год стал в какой-то мере поворотным пунктом. Разное увеличение интересов ученых США к обсуждаемым проблемам объясняется частично успехами советской науки. Представители различных дисциплин заинтересовались влиянием относительно слабых ЭМП на многие биологические системы и прежде всего на деятельность нервной системы.

Биология стала наукой, связь с которой обогащает другие дисциплины. С ней начали взаимодействовать физики (биофизика) и математики (биокибернетика), инженеры (бионика) и астрономы (гелиобиология), химики (биохимия) и педагоги. Этот период неупорядоченных связей породил достаточное количество монстров, однако ключ о перспективности научных перекрестков остается все еще актуальным. Для более плодотворной деятельности такие связи должны быть упорядочены и узаконены.

Можно было думать, что так как электромагнитная биология — молодая наука, то ее, по словам В. Маяковского, «возводить молодым». Биологи и медики старшего поколения формировали свои взгляды на сущность жиз-

ненных явлений без учета роли ЭМП. Научно-техническая революция породила не только грандиозные технические достижения, она порождает новое мировоззрение. Интеграция и космизация науки, проходящие на наших глазах, особенно ярко усваиваются молодежью. Нужны новые свежие идеи, способные дать ощутимый толчок для дальнейшего развития биологии. Молодежь, ищущая точки приложения своих сил, может найти в магнитобиологии свою научную судьбу.

Но электромагнитной биологии все возрасты покорны. Ею занимаются и седовласые академики, цитаты из работ которых стали эпиграфами к отдельным главам этой книги, и молодежь. Студенты Оренбурга провели в декабре 1975 года научно-техническую межвузовскую конференцию на тему «Магнетизм и проблемы магнитобиологии». А в марте 1977 года в Белгороде состоялась конференция по электромагнитной биологии с участием студентов разных городов.

Привлекательность проблем электромагнитной биологии объясняется и широкими задачами (как теоретическими, так и практическими) и междисциплинарным подходом, и осозанностью первых результатов. Если переходить на геологический язык, нашупана золотая жила.

Появились современные доказательства терапевтической действенности ЭМП. Были даны предварительные гигиенические оценки этому фактору среды. Более весомыми стали доказательства экологической значимости ЭМП. На мой взгляд, этап предварительной разведки можно считать законченным. Хотя из-за кажущейся простоты исследований, в эту область, как во вновь открытую землю, ринулось много смелых, но мало компетентных людей, будущее будут определять комплексные серьезные научные исследования. Как и в геологии, здесь между первыми разведчиками и эксплуатационниками должна встать когорта из современных разведывательных отрядов. Им работы хватит надолго. Они-то и будут находить контуры крупных месторождений. Конечно, останутся любители с помощью простого решета намывать золото из ручейка. Пусть и им улыбнется удача!

В любом экспериментальном исследовании влияния искусственного ЭМП на различные биологические системы его используют как инструмент, изменяющий

состояние биологического материала. Здесь нужно сделать акцент на том, что в таких исследованиях мы узнаем не только о новых свойствах ЭМП (его способность оказывать биологическое действие), но и новые свойства самой биологической системы, на которое это действие направлено.

Подытоживая краткую характеристику электромагнитной биологии, мы должны отметить, что новые проблемы, порождаемые научно-технической революцией, носят междисциплинарный характер и охватывают огромный комплекс вопросов. Их решение жизненно необходимо. К примеру, что делать — вернуться назад, к проволочному телеграфу, или продолжать бесконтрольно наращивать «радиофон», надеясь на высокие приспособительные способности человеческого организма?

Вероятно, выбрана будет золотая середина. Потребуются, видимо, и еще более строгие «радиоправила», учитывающие возможность и отрицательного влияния ЭМП на биологические объекты.

Современное человечество, как и все живое, обитает в своеобразном электромагнитном океане, поведение которого определяется теперь не только естественными причинами, но и искусственным вмешательством. Нам нужны опытные лоцманы, досконально знающие скрытые течения этого океана, его отмели и острова. И требуются еще более строгие навигационные правила, помогающие оберегать путников от электромагнитных «бурь».

## Советуем прочитать

Биологические системы в электромагнитных полях. Томск, 1978.

Васильев Н. В., Богинич Л. Ф. Влияние магнитных полей на процессы инфекции и иммунитета. Томск, 1973.

Гаркави Л. Х., Квакуина Е. Б., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов-на-Дону, 1977.

Гордон З. В. Вопросы гигиены труда и биологического действия электромагнитных полей сверхвысоких частот. М., «Медицина», 1966.

Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь. Л., Гидрометеоиздат, 1974.

Думанский Ю. Д., Сердюк А. М., Лось Н. П. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. Киев, «Здоровье», 1975.

Иванов-Муромский К. А. Электромагнитная биология. Киев, «Наукова думка», 1977.

Клиническое применение магнитных полей. Ижевск, «Удмуртия», 1977.

Применение магнитных полей в клинике. Куйбышев, 1976.

Проблемы космической биологии. М., «Наука», т. 18, 1973.

Судаков К. В., Антимоний Г. Д. Центральные механизмы действия электромагнитных полей.— «Успехи физиологических наук», 1973, т. 4, № 2, с. 101.

Удинцев Н. А., Канская Н. В. Влияние магнитных полей на сердце. Томск, Изд-во ТГУ, 1977.

Физико-математические и биологические проблемы действия электромагнитных полей и ионизации воздуха. М., «Наука», 1975.

Холодов Ю. А. Человек в магнитной паутине. М., «Знание», 1972.

Холодов Ю. А. Реакции нервной системы на электромагнитные поля. М., «Наука», 1975.

Adey W. R., Bawin S. M. Brain interactions with weak electric and magnetic fields.— «Neurosciences Research Program Bulletin», v. 15, N 1, 1977.

Brodeur P., The zapping of America. W. W. Norton a. Col Inc. N. J., 1977.



# Содержание

Введение	5
Глава I. Восемь граней электромагнитных полей	15
Глава II. Есть ли жизнь без электромагнитных полей?	27
Глава III. Естественные электромагнитные поля в роли дирижера	33
Глава IV. Электромагнитные поля воздействуют на популяцию	43
Глава V. Организм купается в электромагнитных полях	51
Глава VI. Нервная система и электромагнитные поля	63
Глава VII. Растения усваивают электромагнитные поля	85
Глава VIII. Как живая клетка реагирует на электромагнитные поля	91
Глава IX. Молекулы чувствуют электромагнитные поля	95
Глава X. Живые генераторы и приемники	101
Заключение	107
Советуем прочитать	110

**Юрий Андреевич Холодов**

**ШЕСТОЙ НЕЗРИМЫЙ ОКЕАН**

*(Очерки по электромагнитной биологии)*

Редактор Н. И. Феоктистова

Заведующий редакцией естественнонаучной литературы

А. А. Нелюбов

Мл. редактор Н. Т. Карякина

Художник А. Д. Смеляков

Худож. редактор Т. И. Добровольнова

Техн. редактор Л. А. Кирякова

Корректор В. В. Каночкина

ИБ № 1330

А 03285 Индекс заказа 86720. Сдано в набор 11.01 78 г. Подписано к печати 13.06 78 г. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 1. Бум. л. 1,75. Печ. л. 3,5 Усл. печ. л. 5,88. Уч.-изд. л. 5,89. Тираж 90 000 экз. Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Заказ 8—248. Цена 25 коп

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкинг» Госкомиздата УССР, 252057, Киев-57, Довженко, 3

**шестой  
незримый  
океан**

25 коп.

