

Влияние сверхнизкочастотных электромагнитных полей на биоэлектрическую активность головного мозга

Л. Н. Литвиненко, Ю. В. Аристов, П. В. Блиох, О. В. Буданов, Б. В. Лазебный, В. Е. Пазнухов, А. Г. Рохман, В. И. Сухоруков*, И. А. Сербиненко*, Л. П. Забродина*

Радиоастрономический институт НАН Украины
61002, г. Харьков, ул. Краснознаменная, 4

* Украинский НИИ клинической и экспериментальной психиатрии и неврологии
61068, г. Харьков, ул. Ак. Павлова, 46

Статья поступила в редакцию 2 ноября 1998 г., после переработки 18 февраля 1999 г.

В работе исследовано влияние сверхнизкочастотных (СНЧ) радиоволн (диапазон 4÷40 Гц) на биоэлектрическую активность головного мозга у здоровых людей. В 1995 и 1998 годах были проведены 2 цикла синхронных регистраций СНЧ сигналов и электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Обнаружено влияние мощных магнитных СНЧ импульсов на биоэлектрическую активность мозга человека. Проведенная статистическая обработка показала, что после прихода импульса, наблюдаемый по всем ответвлениям α ритм значительно (в 3 раза) подавляется, что означает изменение функционального состояния организма. Другие ритмы Δ , θ , β , при этом не претерпевают статистически значимых изменений.

Не обнаружено корреляции между временными зависимостями мощности СНЧ сигналов и ЭЭГ как во всей полосе наблюдаемых частот, так и в специально выбранных диапазонах. Выбранные диапазоны совпадали с пиковыми частотами шумановского резонатора (8, 14, 20, 26 Гц) и θ , α , β ритмами головного мозга.

У роботі досліджено вплив наднизькочастотних (ННЧ) радіохвиль (діапазон 4÷40 Гц) на біоелектричну активність головного мозку у здорових людей. У 1995 та 1998 роках було проведено два цикли синхронних вимірів ННЧ сигналів та електроенцефалограм (ЕЕГ). Виявлено вплив потужних магнітних ННЧ імпульсів на біоелектричну активність мозку людини. Запроваджена статистична обробка показала, що після приходу імпульсу α ритм, що спостерігається на всіх відгалуженнях, значною мірою (в три рази) вщухає, що означає зміну функціонального стану організму. При цьому Δ , θ , β ритми не набувають змін, що мають статистичну значимість.

Не знайдено кореляційних зв'язків між залежностями від часу потужності ННЧ сигналів та ЕЕГ, як у всій смузі спостережуваних частот, так і у спеціально вибраних діапазонах. Вибрані діапазони частот співпадали з пиковими частотами шуманівського резонатора (8, 14, 20, 26 Гц) та θ , α , β ритмами головного мозку.

1. Введение

Имеется обширная литература, посвященная влиянию электромагнитных полей на биологические объекты (см., например, библиографию в [1-3]). В частности, весьма подробно изучено воздействие СВЧ и УВЧ электромагнитного излучения на человеческий организм. Не столь интенсивно исследовался диапазон сверхнизких частот (СНЧ), но и здесь можно найти немало публикаций. Число их заметно возросло в 70-е годы, когда были начаты разработки системы связи с подводными лодками [4]. В диапазоне СНЧ медики регулярно изучают воздействие на человека электромагнитных полей промышленной частоты (50 и 60 Гц) [5].

Данная работа посвящена исследованию влияния естественных и техногенных электромагнитных СНЧ полей на биоэлектрическую

активность головного мозга человека. Прежде чем обосновать целесообразность такой работы, необходимо привести краткую характеристику внешних СНЧ полей и электрических сигналов, генерируемых в головном мозгу.

Внешние СНЧ поля. Электромагнитные поля, в которых постоянно находится человек, являются факторами окружающей среды. Эти поля представляют собой шумовые сигналы, спектр которых охватывает широкий интервал частот. Распределение энергии колебаний в диапазоне частот 4÷40 Гц является неравномерным, здесь наблюдаются характерные максимумы и минимумы. Таким образом проявляют себя так называемые шумановские, или глобальные, резонансы (ШР) – колебания, возникающие в сферическом резонаторе Земля – ионосфера [6]. Частоты наблюдаемых максимумов можно приблизительно определять по

формуле $f_n \approx 5,6 \sqrt{n(n+1)}$. Здесь n – номер спектральных максимумов, которые расположены на частотах $\sim 8, 14, 21, 26 \dots$ Гц. Типичный энергетический спектр естественных НЧ шумов в диапазоне ШР показан на рис. 1, а. На том же рисунке (рис. 1, б.) показан энергетический спектр сигналов, характеризующих биоэлектрическую активность мозга (спектр типовой электроэнцефалограммы (ЭЭГ)). Видно, что в интервал частот $\sim 4 \div 40$ Гц попадают основные энергосодержащие компоненты, как ШР, так и ЭЭГ. Это и есть тот диапазон, в котором проводились наблюдения, описанные в данной работе.

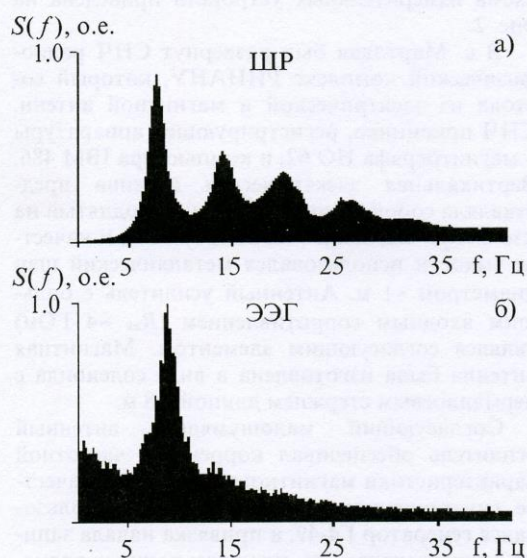


Рис. 1. Пример спектров: а) шумовых резонансов; б) электроэнцефалограмм

Основными источниками естественных СНЧ колебаний в диапазоне ШР являются молниевые разряды, которые происходят достаточно часто (~ 100 молний в 1 с в пределах всего земного шара). Грозовые очаги распределены неравномерно по поверхности Земли. Они сосредоточены в основном в трех мировых грозовых центрах: в Африке, Юго-Восточной Азии, Южной Америке. Поскольку источники (молнии) действуют некогерентно, резонансная структура СНЧ шумов проявляется в энергетическом спектре лишь при достаточном времени усреднения (спектр на рис. 1, а соответствует времени усреднения ~ 10 мин.).

Наряду с глобально распределенными грозовыми центрами, СНЧ сигналы порождаются также ближними грозами, которые имеют нерезонансную структуру в широком диапазоне

частот. Слабые, но вполне заметные шумы связаны с метеофакторами. Например, в нижних слоях атмосферы переменные электрические поля генерируются движущимися заряженными частицами – каплями дождя, снежинками, аэрозолями.

Согласно литературным данным и нашим собственным измерениям [7], в спокойных метеоусловиях напряженность вертикального электрического поля в единичной полосе частот в диапазоне ШР составляет, примерно $(0,2 \div 0,3) \cdot 10^{-3} \text{ В} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$, а горизонтального магнитного поля $(2 \div 3) \cdot 10^{-12} \text{ Тл} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$. В то же время следует отметить, что шумы, порожденные ближними грозами, а также поля, создаваемые линиями электропередач и различными промышленными установками, могут превышать приведенные выше величины в десятки – тысячи раз, что необходимо учитывать при проведении экспериментов.

Биоэлектрическая активность мозга. Биоэлектрическая активность мозга проявляет себя в виде разности потенциалов, которые регистрируются между электродами энцефалографа. Регистрируемая энцефалограмма – это шумоподобные сигналы с неравномерным энергетическим спектром в диапазоне частот $\sim 0 \div 40$ Гц (см. рис. 1, б). В этом интервале в известной мере условно выделяют полосы частот, называемые ритмами: $\sim 0 \div 4$ Гц – дельта ритм (Δ); $\sim 4 \div 8$ Гц – тета ритм (Θ); $\sim 8 \div 14$ Гц – альфа ритм (α); $\sim 14 \div 40$ Гц – бета ритм (β).

Если предположить, что внешние электромагнитные поля как-то влияют на биоэлектрическую активность мозга, то можно ожидать, что это влияние будет отражено в ЭЭГ. Оставляя в стороне механизм воздействия внешних полей на работу мозга, мы попытались в данной работе экспериментально установить наличие или отсутствие влияния на биологическую активность мозга внешних полей в диапазоне ШР. Прежде всего обсудим pro et contra целесообразности проведения таких исследований.

Человеческий организм в процессе эволюции сформировался в полном соответствии с факторами окружающей среды. В этом смысле электромагнитное окружение, всегда существующее в виде шумовых сигналов с определенным энергетическим спектром, также является фактором окружающей среды. Возможно биоэлектрические процессы в человеческом организме, в том числе биоэлектрическая активность головного мозга, должны были являться результатом приспособительного акта человека к внешним электромагнитным полям. Спектры, представленные на рис. 1, казалось бы говорят в пользу такого предположения. Действительно, диапазон α ритма совпадает с областью частот, где проявляют себя наиболее

четко выраженные два первых мода ШР. При этом можно представить себе адаптацию двух типов. Максимум спектра ЭЭГ близок к первому максимуму ШР, что позволяет предположить существование механизма, связывающего внешние сигналы с собственными электромагнитными колебаниями мозга. С другой стороны, можно усмотреть в спектрах близость максимума α ритма к минимуму шумов между первым и вторым модами ШР, т. е. предположить, что "внутренний генератор" мозга выбирает для своей работы наименее зашумленный участок спектра. Эти предположения были проверены в предлагаемой работе посредством анализа корреляционных связей между отдельными участками спектров ШР и ЭЭГ, о чем будет сказано далее.

Аргументом против возможного влияния внешних шумов на внутренние биоэлектрические процессы в мозгу может служить огромная разница в амплитудах электрических полей. Так, импульс возбуждения, бегущий по нервному волокну, характеризуется потенциалами в десятки мВ. В то же время напряжение естественных СНЧ шумов в диапазоне ШР составляет в пределах тела человека (~1,5 м) десятые доли мВ, т. е. меньше в сотни раз. Конечно, если иметь в виду триггерный механизм, это несоответствие может оказаться не столь существенным. С другой стороны, длительность импульса возбуждения нейрона около 3 мс, а период восстановления примерно в 2 раза больше. Таким образом, быстрдействие элементов, из которых состоит активная автоволновая система (мозг), составляет около 10^2 операций в секунду. В то же время скорость распространения нервного импульса по аксону порядка $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Взяв среднюю длину путей ~1,5 м получим время прохождения сигнала ~75 мс, что соответствует верхней частоте колебаний ~13 Гц, т. е. мы попадаем в полосу ШР без всякого внешнего воздействия (численные оценки взяты из работы [8]). Какие из приведенных аргументов *pro et contra* отвечают действительности, могут решить только проведенные исследования. Прежде чем перейти к описанию экспериментов, надо отметить, что все сказанное выше относилось к естественным СНЧ полям. Что же касается техногенных сигналов, то их интенсивность может быть весьма высокой, и они, вполне возможно, будут влиять на работу мозга. В работе получены оценки степени воздействия внешних техногенных магнитных полей на биоэлектрическую активность головного мозга человека.

2. Методика наблюдений

В 1995, 1998 годах было выполнено 2 цикла исследований. В мае 1995 года в г. Харькове и

в с. Мартовая Харьковской области (80 км от Харькова) проведены синхронные записи электрической активности головного мозга и внешнего электрического и магнитного полей. В Харькове, в Украинском научно-исследовательском институте клинической и экспериментальной неврологии и психиатрии (НИИ КЭНиП) ЭЭГ регистрировались на стандартном энцефалографе, а также записывалась на ленте магнитографа НО 62. Одновременно на одну из дорожек НО 62 заносилось опорное напряжение, момент включения которого определялся сигналами точного времени. Полоса частот записи ЭЭГ составляла $1\div 36$ Гц, длительность каждой записи – 15 минут, количество каналов ЭЭГ (отведений) – 4. Структурная схема измерительных устройств приведена на рис. 2.

В с. Мартовая был развернут СНЧ радиофизический комплекс РИНАНУ, который состоял из электрической и магнитной антенн, СНЧ приемника, регистрирующей аппаратуры – магнитографа НО 62, и компьютера IBM 486. Вертикальная электрическая антенна представляла собой емкостной датчик, поднятый на изоляторе над землей на высоту 12 м. В качестве емкости использовался металлический шар диаметром ~1 м. Антенный усилитель с большим входным сопротивлением ($R_{\text{вх}} \sim 4 \text{ ГОм}$) являлся согласующим элементом. Магнитная антенна была изготовлена в виде соленоида с пермалловым стержнем длиной 1,8 м.

Согласующий малошумящий антенный усилитель обеспечивал коррекцию частотной характеристики магнитного датчика. В качестве синхронизирующего устройства использовался генератор Г4-49, а привязка начала записи осуществлялась по сигналам точного времени. Относительная точность синхронизации записей в двух пунктах составляла ~0,3 с.

В марте 1998 г. были проведены синхронные наблюдения в г. Харькове и с. Мартовая, в которых использовались 2 энцефалографа и полный комплект радиофизической аппаратуры. В Харькове в НИИ КЭНиП регистрировалась ЭЭГ на самописец и на магнитограф НО 62. В с. Мартовая синхронно с энцефалограммой регистрировались электрическая и магнитная компоненты электромагнитного поля, при этом сигналы вводились через АЦП непосредственно в компьютер IBM 486, а контрольная запись осуществлялась самописцем энцефалографа.

В 1998 г. были получены 1 запись в течении часа и 3 записи по 45 минут, каждая из которых содержала от 4-х до 2-х отведений с одного энцефалографа и 8 отведений со второго энцефалографа.

Технические характеристики радиоприемной аппаратуры были следующие: диапазон

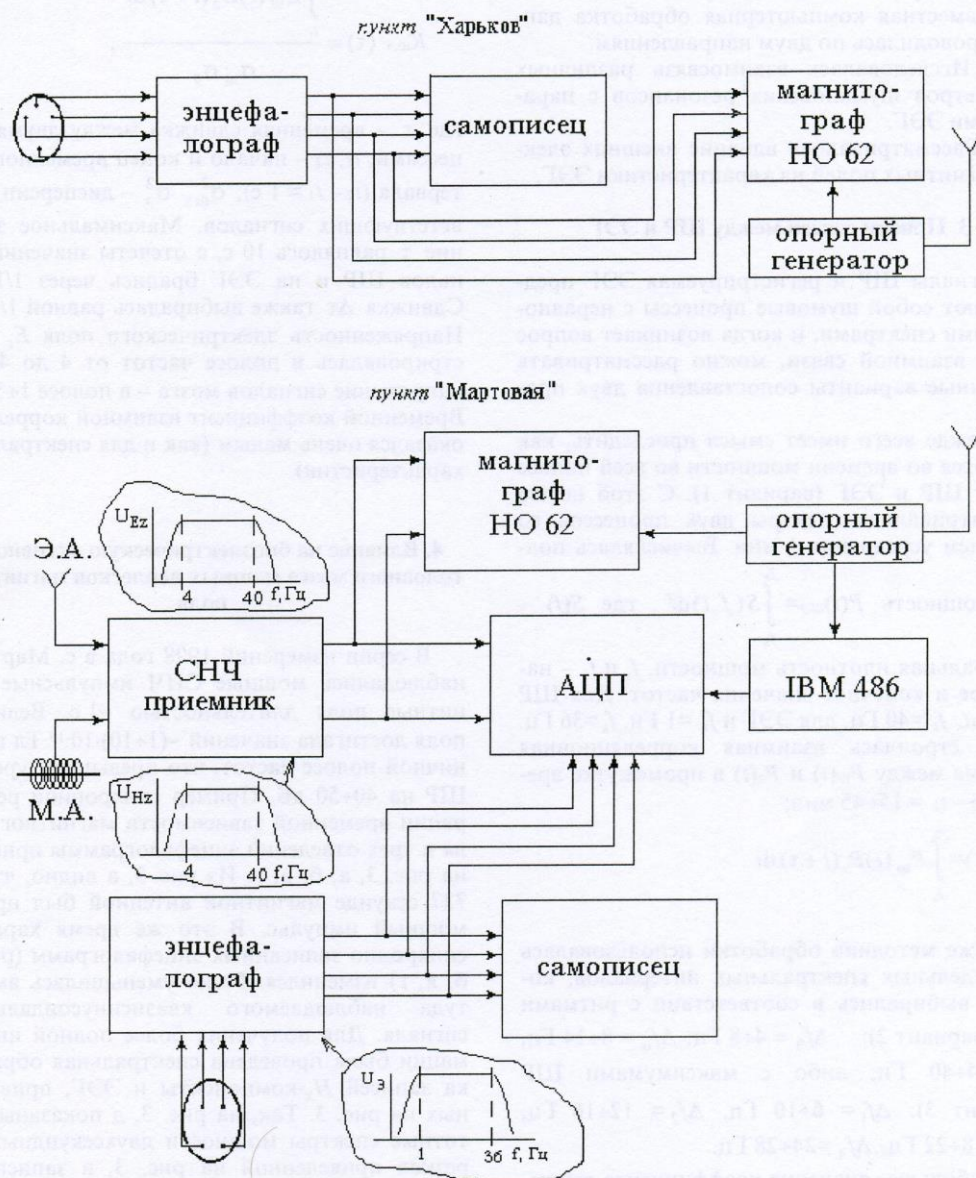


Рис. 2. Структурная схема измерительных устройств

принимаемых частот 4÷40 Гц, чувствительность на частоте 10 Гц $\sim 10^{-6} \text{ В} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$ по E_z -компоненте, и $\sim 40 \cdot 10^{-15} \text{ Тл} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$ по H_x -компоненте.

Подавление основной помехи 50 Гц в E_z канале ~ 70 дБ, в H_x канале ~ 80 дБ, в каждом канале энцефалографа не хуже 70 дБ. Рабочие полосы частот электрического и магнитного каналов составляют 4÷40 Гц. Затухание вне

рабочей полосы в области низких и высоких частот не хуже 40 дБ на октаву.

Совместная компьютерная обработка данных проводилась по двум направлениям:

1. Исследовалась взаимосвязь различных параметров шумановских резонансов с параметрами ЭЭГ.

2. Рассматривалось влияние внешних электромагнитных полей на характеристики ЭЭГ.

3. Поиски связей между ШР и ЭЭГ

Сигналы ШР и регистрируемая ЭЭГ представляют собой шумовые процессы с неравномерными спектрами, и когда возникает вопрос об их взаимной связи, можно рассматривать различные варианты сопоставления двух процессов.

Прежде всего имеет смысл проследить, как меняются во времени мощности во всей полосе частот ШР и ЭЭГ (вариант 1). С этой целью рассматривались спектры двух процессов со временем усреднения 1 мин. Вычислялась пол-

ная мощность $P(t)_{ш,э} = \int_{f_n}^{f_k} S(f,t) df$, где $S(f)$ –

спектральная плотность мощности, f_n и f_k – начальное и конечное значения частот. Для ШР $f_n = 4$ Гц, $f_k = 40$ Гц, для ЭЭГ и $f_n = 1$ Гц, $f_k = 36$ Гц. Затем строилась взаимная корреляционная функция между $P_{ш}(t)$ и $P_э(t)$ в промежутке времени $t_2 - t_1 = 15 \div 45$ мин:

$$K_{ш,э}(\tau) = \int_{t_1}^{t_2} P_{ш}(t) P_э(t + \tau) dt.$$

Та же методика обработки использовалась для отдельных спектральных интервалов, которые выбирались в соответствии с ритмами ЭЭГ (вариант 2): $\Delta f_\theta = 4 \div 8$ Гц, $\Delta f_\alpha = 8 \div 14$ Гц, $\Delta f_\beta = 14 \div 40$ Гц; либо с максимумами ШР (вариант 3): $\Delta f_1 = 6 \div 10$ Гц, $\Delta f_2 = 12 \div 16$ Гц, $\Delta f_3 = 18 \div 22$ Гц, $\Delta f_4 = 24 \div 28$ Гц.

Наибольшее значение коэффициента взаимной корреляции во всех трех вариантах не превышало $0,2 \pm 0,1$, что свидетельствует об отсутствии связи между указанными выше параметрами ШР и ЭЭГ.

Наряду со спектральными характеристиками исследовались также корреляционные связи между исходными временными процессами. При этом учитывалось возможное запаздывание отклика ЭЭГ на изменения в ШР. Коэффициент взаимной корреляции $K_{ш,э}(\tau)$ между секундными реализациями сигналов ШР и электрических сигналов мозга определялся по формуле

$$K_{ш,э}(\tau) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} E_{ш}(t) E_э(t + \tau) dt}{\sigma_{ш} \sigma_э},$$

где τ – временная сдвигка между двумя процессами; t_1, t_2 – начало и конец временного интервала ($t_2 - t_1 = 1$ с); $\sigma_{ш}^2, \sigma_э^2$ – дисперсии соответствующих сигналов. Максимальное значение τ равнялось 10 с, а отсчеты значений сигналов ШР и на ЭЭГ брались через 1/120 с. Сдвигка Δt также выбиралась равной 1/120 с. Напряженность электрического поля E_z регистрировалась в полосе частот от 4 до 40 Гц, напряжение сигналов мозга – в полосе 1÷36 Гц. Временной коэффициент взаимной корреляции оказался очень малым (как и для спектральных характеристик).

4. Влияние на биоэлектрическую активность головного мозга мощных всплесков магнитного поля

В серии измерений 1998 года в с. Мартовья наблюдались мощные СНЧ импульсные магнитные поля длительностью ~ 1 с. Величина поля достигала значений $\sim (1 \div 10) \cdot 10^{-10}$ Тл в единичной полосе частот, что превышает уровень ШР на 40÷50 дБ. Пример синхронной регистрации временной зависимости магнитного поля и трех отведений энцефалограммы приведен на рис. 3, а, б, в, г. Из рис. 3, а видно, что на 727 секунде магнитной антенной был принят мощный импульс. В это же время характер синхронно записанных энцефалограмм (рис. 3, б, в, г) изменился. Резко уменьшилась амплитуда наблюдаемого квазисинусоидального сигнала. Для получения более полной информации была проведена спектральная обработка записей H_x -компоненты и ЭЭГ, приведенных на рис. 3. Так, на рис. 3, д показаны частотные спектры мощности двухсекундных отрезков приведенной на рис. 3, а записи H_x . Спектры, показанные на рис. 3, е соответствуют двухсекундным реализациям ЭЭГ₁, которая изображена на рис. 3, б.

Таким образом, рассматривая по вертикали каждую из двухсекундных реализаций на рис. 3, можно получить полную картину происходящих изменений в H_x -компоненте и ЭЭГ. Кроме этого, сразу же контролируется спектральный состав H_x и ЭЭГ. Каждый спектр содержит информацию о распределении мощности по частоте с разрешением 0,5 Гц. Для каждого двухсекундного спектра указана величина составляющей на частоте 10 Гц (α ритм) в относительных единицах.

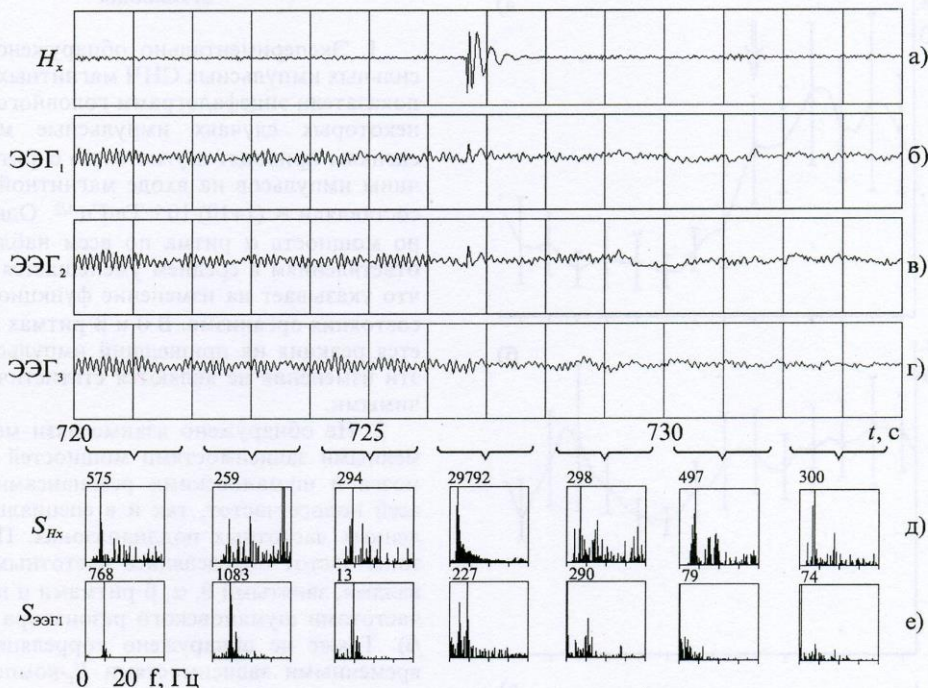


Рис. 3. Временные и спектральные зависимости H_x и ЭЭГ:
 а) осциллограмма магнитной компоненты электромагнитного поля (H_x);
 б), в), г) вид электроэнцефалограмм (три отведения);
 д) спектры магнитной компоненты H_x , приведенной на рис. 3, а;
 е) спектры ЭЭГ, приведенной на рис. 3, б

Из временных зависимостей и сравнения спектров (рис. 3) видно, что до возникновения магнитного импульса в ЭЭГ преобладал α ритм с частотой ~ 10 Гц и средней мощностью ~ 2000 относительных единиц. У зарегистрированного мощного магнитного импульса основная энергия была сосредоточена в диапазоне $5 \div 15$ Гц, и превышала уровень "фона", т. е. ШР, на ~ 40 дБ. После воздействия импульса вид временной реализации ЭЭГ и спектрограмм существенно изменился. Из рис. 3, е следует, что после прихода импульса в спектре электрического сигнала мозга существенно (почти на порядок) подавлен α ритм.

Следует отметить, что не всегда всплески магнитного поля приводили к изменениям в наблюдаемых энцефалограммах. Так, из проанализированных 27 случаев появления мощных магнитных импульсов изменениям в энцефалограммах по всем отведениям соответствовало $\sim 30\%$ случаев.

Для каждого из выявленных случаев была проведена следующая обработка:

1. Выбирался временной интервал ~ 30 с, содержащий импульс магнитного поля.

2. Проводился спектральный анализ временных отрезков осциллограмм ЭЭГ длительностью 1с до и после появления импульса.

3. По спектрограммам была построена зависимость мощности от времени в промежутках частот, охватывающих Δ , θ , α и β ритмы.

4. Все реализации были усреднены по ансамблю и отведениям и получены оценки среднего значения мощности Δ , θ , α и β ритмов и доверительные интервалы для 90% доверительной вероятности.

Результаты обработки приведены на рис. 4. Видно, что в момент прихода импульса (показан стрелкой), на ЭЭГ в среднем в 3 раза уменьшается α ритм (рис. 4, а). Мощности β и θ ритмов (рис. 4, б, г) также уменьшаются в среднем на $20 \div 30\%$, однако эти изменения укладываются в границы доверительных интервалов и их нельзя считать статистически значимыми. В Δ ритме (рис. 4, в) видимых изменений не наблюдается.

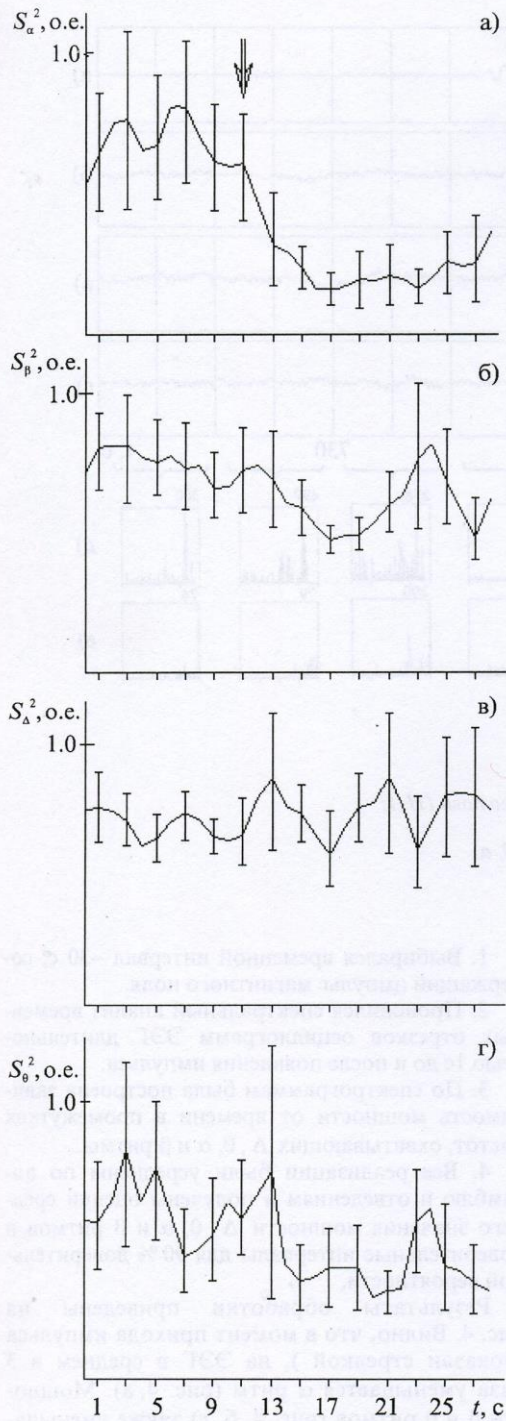


Рис. 4. Усредненная зависимость мощности Δ , θ , α , β ритмов до и после воздействия импульса магнитного поля. Стрелкой указан момент прихода импульса. Доверительные интервалы приведены для $P_{0.05} = 0,9$ и нанесены через 2 с

5. Выводы

1. Экспериментально обнаружено влияние сильных импульсных СНЧ магнитных полей на показатели энцефалограмм головного мозга. В некоторых случаях импульсные магнитные сигналы приводят к угнетению α ритма. Величины импульсов на входе магнитной антенны составляли $\sim (1 \div 10) \cdot 10^{-9}$ Тл·Гц $^{-1/2}$. Одновременно мощность α ритма по всем наблюдаемым ответвлениям в среднем уменьшается в 3 раза, что указывает на изменение функционального состояния организма. В θ и β ритмах наблюдается реакция на пришедший импульс. Однако эти изменения не являются статистически значимыми.

2. Не обнаружено взаимосвязи между временными зависимостями мощностей сигналов мозга и шумановскими резонансами, как во всей полосе частот, так и в специально выделенных частотных поддиапазонах. Поддиапазоны частот определялись частотными интервалами, занятыми θ , α , β ритмами и пиковыми частотами шумановского резонатора (f_1, f_2, f_3, f_4). Также не обнаружено корреляции между временными зависимостями E_z -компоненты и электрических сигналов мозга длительностью 1 с, вплоть до временных сдвижек, составляющих 10 с.

Авторы выражают благодарность В. С. Белею за консультации по составлению программ, Л. Н. Моисеенко за участие в оформлении первичных данных.

Литература

1. W. R. Adey. *Physiological Reviews*. 1981, **61**, No. 2, pp. 478-513.
2. С. Polk. "Physical/Chemical Mechanisms and Signal - to - Noise Ratios". *Proceedings, 13 the Annual Meeting of the National Council on Radiation Protection and Measurements*, 1994.
3. Биологические эффекты электромагнитной энергии и медицина. Спец. Выпуск ТИИЭР. 1980, **68**, №1.
4. *IEEE Trans.* 1974, **Com - 22**, No. 4, 156 pp.
5. Ю. А. Холодов. *Мозг в электромагнитных полях*. Москва, Наука. 1982, 120 с.
6. П. В. Блюх, А. П. Николаенко, Ю. Ф. Филиппов. *Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля-ионосфера*. Киев, Наукова Думка, 1977, 198 с.
7. Ю. М. Ямпольский, В. С. Белей, С. Б. Кашеев, Б. В. Лазебный, В. Е. Пазнухов, А. Г. Рохман. *Радиофизика и радиоастрономия*. 1997, **2**, №3, с. 267-273.
8. Г. Р. Иваницкий. Сб. "Пределы предсказуемости" под ред. Ю. А. Кравцова. Москва, 1997, с. 50-78.

**Effect of Extremely Low Frequency
Electromagnetic Field on Biological Activity
of a Human Brain**

L. M. Lytvynenko, Yu. V. Aristov,
P. V. Bliokh, O. V. Budanov, B. V. Lazebny,
V. E. Paznukhov, A. G. Rokhman,
V. I. Sukhorukov, I. A. Serbinenko,
L. P. Zabrodina

The effect of extremely low frequency (ELF) radiowaves (the frequency band between 4 and 40 Hz) on the bioelectrical activity of a human brain is investigated. Two cycles of measurements were carried out in 1995 and 1998. ELF signals and electroencephalograms (EEG) were registered

synchronously. The influence of the power electromagnetic pulses on the bioelectrical activity of a human brain was found. Statistical analysis showed that α -rhythm was suppressed to a marked degree (about 3 times) after arrival of a power electromagnetic pulse. It means that the functional state of an organism is altered. Other rhythms (Δ , θ , β) were not changed at the same time.

The correlation between temporary variations of ELF and EEG was not discovered in a whole frequency band as well as in the special narrow bands. The narrow bands were chosen near Schumann resonance frequencies (8, 14, 20, 26 Hz) and near θ , α , β rhythms of a human brain.