

УДК 504.064:537.612

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ НОРМ НА ИНДУКЦИЮ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

А.В. Семенов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Томский государственный университет

E-mail: flickersem@post.tomica.ru

Рассмотрено влияние на организм человека низкочастотных магнитных полей, включая магнитные бури. На основе исследования временных характеристик магнитных полей линий электропередачи промышленной частоты, к которым подключают и от которых отключают различные активные, реактивные и нелинейные нагрузки, исследования нелинейных свойств высокочувствительных к переменным магнитным полям структур человеческого организма, включая биологические мембраны, а также многолетних исследований по влиянию магнитных полей промышленной частоты на здоровье человека, проведенных в Швеции и России, сделаны выводы о неправомерности введения в России существующих в настоящее время предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты 50 Гц, поскольку эти нормы пригодны только для синусоидальных магнитных полей. Обосновано изменение существующих предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты и предложен ряд организационно-технических мероприятий по уменьшению негативного влияния названных полей на человека.

Ключевые слова:

Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, предельно допустимые нормы на индукцию магнитного поля промышленной частоты, спектральные характеристики магнитных полей линий электропередач, нелинейные биологические структуры, фликкер-шум.

Key words:

Sanitary and epidemiological regulations and standards, utmost allowable standards for magnetic induction with industrial frequency, spectral characteristics of magnetic field of electric power transmission lines, nonlinear biological structures, flicker noise.

Магнитные бури оказывают большее влияние на человека, чем синусоидальное магнитное поле (МП) частотой 50 Гц, имеющее большую амплитуду магнитной индукции (МИ), чем амплитуда МИ магнитной бури. Сильное отрицательное влияние магнитные бури оказывают на органы ребенка в период его эмбрионального и раннего постнатального развития (во время максимальной дифференцировки клеточных структур), что часто определяет в дальнейшем предрасположенность человека к различным заболеваниям.

Из естественных МП наиболее важным для всего живого на Земле является МП Земли и околоземного пространства, которое имеет постоянную и переменную составляющие. Величина постоянной составляющей индукции МП Земли увеличивается от экватора к магнитным полюсам от 41,8 до 69,5 мкТл. На поверхности Земли колебания индукции геомагнитного поля находятся в диапазоне частот от 10^{-4} до 10^4 Гц, и их амплитуды в спокойные по геофизическим показателям дни находятся в диапазоне 2 пТл ... 0,1 мкТл. Колебания амплитуд индукции МП во время магнитных бурь находятся в диапазоне 0,1...0,5 мкТл. Переменные составляющие МП в спокойные по геофизическим показателям дни имеют характер фликкер-шума.

Фликкер-шум – универсальное природное явление, присущее всем без исключения объектам живой и неживой природы. Спектральная мощность фликкер-шума обратно пропорциональна частоте. Заметим, что спектральная мощность теплового (белого) шума не зависит от частоты.

Фликкер-шумовое МП совместно с постоянным МП Земли выполняет информационную роль на ионном, молекулярном и клеточном уровнях и синхронизирует процессы в организме человека.

Эффекты от воздействия геомагнитного поля необычны по своим свойствам. Они невелики. Их латентные (скрытые) периоды длительны и варьируют от нескольких минут до нескольких часов. Длительное экранирование от геомагнитного поля приводит к ухудшению здоровья человека. При ослаблении геомагнитного поля в 4...10 раз у людей развивается ряд функциональных нарушений в ведущих системах организма, что приводит к существенному ухудшению их здоровья.

Спектральные характеристики магнитных бурь отличаются от спектральных характеристик переменных составляющих МП Земли в спокойные по геофизическим показателям дни – исчезают некоторые низкочастотные составляющие и усиливаются некоторые высокочастотные, что приводит к рассогласованию работы всей системы человека, начиная с биологических мембран клеток. Биологические мембраны являются сверхчувствительными нелинейными детекторами переменных МП и генераторами сверхнизкочастотных фликкер-шумовых электрических и акустических колебаний [1]. Спектральные характеристики МП промышленной частоты (ПЧ) напоминают спектральные характеристики магнитных бурь.

В конце 70-х гг. прошлого столетия в разных странах были проведены широкомасштабные исследования по влиянию МП ПЧ на здоровье человека. Для человека низкочастотное МП считается

безопасным, если величина его индукции не превышает 0,2 мкТл. Такая величина индукции в ряде стран установлена в качестве максимально допустимой для населения. Инициатором введения этой нормы была Швеция [1], в которой около 20 лет велись наблюдения за здоровьем полумиллиона человек, проживающих в условиях повышенных уровней МП ПЧ. Всемирная организация здравоохранения также рекомендовала придерживаться максимально допустимого уровня МИ для населения, равного 0,2 мкТл.

У людей, регулярно подвергающихся воздействию низкочастотных МП, индукция которых превышает 0,1...0,2 мкТл, ослабевают иммунная, репродуктивная и другие системы. Не исключено возникновение лейкемии у малолетних детей.

В России 15 декабря 2000 г. Главным государственным санитарным врачом РФ были утверждены «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.21002-00», в которых имелись два пункта, касающиеся обсуждаемой темы:

- п.6.4.2.2. Индукция МП промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях на расстоянии 0,2 м от стен и окон и на высоте 0,5...1,5 м от пола не должна превышать 10 мкТл (принимается в качестве временного норматива);
- п.6.4.2.5. Индукция МП промышленной частоты 50 Гц на территории жилой застройки от воздушных линий электропередачи и других объектов не должна превышать 50 мкТл на высоте 1,8 м от поверхности земли (принимается в качестве временного норматива).

30 января 2003 г. Главным государственным санитарным врачом РФ было утверждено «Приложение: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: «Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.4.1191-03», в п. 3.4.3.1 которого предельно допустимые уровни (ПДУ) индукции периодических (синусоидальных) МП в производственных помещениях, в которых люди находятся в течение 8 ч, устанавливаются: при условии воздействия МП на все тело — 100 мкТл, при условии воздействия на конечности — 1000 мкТл.

От величины индукции 0,2 мкТл, принятой в ряде стран в качестве максимально допустимой для населения, названные выше 10, 50, 100 и 1000 мкТл, отличались в 50, 250, 500 и 5000 раз.

10 ноября 2007 г. Главным государственным санитарным врачом РФ был утвержден Гигиенический норматив: ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на сельских территориях» (сельская территория — земельные участки, занятые городами и населенными пунктами городского типа, а также земельные участки, предназначенные для городского строительства). П.п. 6.4.2.2 и 6.4.2.5 СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологических требований к жи-

лым зданиям и помещениям», касающиеся предельно допустимых уровней МИ ПЧ, были заменены на следующие четыре пункта, в которых определено типу территории и соответствует предельно допустимый уровень МИ частотой 50 Гц:

1. В жилых помещениях, детских, дошкольных, школьных, общеобразовательных и медицинских учреждениях — 5 мкТл;
2. В нежилых помещениях жилых зданий, общественных и административных зданиях, на сельской территории, в том числе на территории садовых участков — 10 мкТл;
3. В населенной местности вне зоны жилой застройки, в том числе в зоне воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ, при пребывании в зоне прохождения воздушных и кабельных линий электропередачи лиц, профессионально не связанных с эксплуатацией электроустановок — 20 мкТл.
4. В ненаселенной и труднодоступной местности с эпизодическим пребыванием людей — 100 мкТл.

Каким образом в России были обоснованы последние гигиенические нормативы внепроизводственного воздействия МП ПЧ 50 Гц на человека, рассмотрим на примере работы, проведенной в НИИ медицины труда РАМН [2].

С целью установления порога вредного воздействия и обоснования гигиенических нормативов внепроизводственного воздействия МП ПЧ было проведено экспериментальное исследование интенсивности-временных зависимостей влияния МП частотой 50 Гц с индукцией 100 и 400 мкТл на состояние нервной системы крыс самцов (всего 36 особей) в течение четырех месяцев и одного месяца последствия, а также было проведено экспериментальное исследование влияния хронических воздействий МП тех же параметров на генеративную функцию мышей (49 самок, 16 самцов, 345 потомков).

По результатам экспериментальных исследований был установлен порог вредного воздействия МП 50 Гц при условии хронических экспозиций (определялся по динамике массы тела и показателям иммунной системы), который для крыс составил 400 мкТл. Воздействие МП с индукцией 100 мкТл было расценено как близкое к порогу чувствительности нервной и иммунной систем.

С учетом характера биологического действия МП частотой 50 Гц на животных, критериев экстраполяции результатов эксперимента с животных на человека и с использованием коэффициента гигиенического запаса, равного восьми, был обоснован порог хронического воздействия МП частотой 50 Гц на человека, который составил 5 мкТл (для МП от постоянно и условно постоянно действующих источников внутри жилых и общественных зданий и сооружений и для условно постоянно действующих — при санитарно-эпидемиологической экспертизе). На территории зоны жилой застройки (также для воздействий МП от по-

стоянно действующих источников) с учетом некруглосуточного пребывания людей авторами этих исследований был предложен предельно допустимый уровень МИ в два раза выше – 10 мкТл. Для условий временного пребывания людей (в том числе при выполнении работ лицами, профессионально не связанными с эксплуатацией электроустановок), в частности под воздушными линиями электропередачи и в зоне прохождения кабелей данных гигиенических нормативов, представлялось целесообразным установить на частоте 50 Гц максимально допустимый уровень МИ 20 мкТл.

На наш взгляд, вредное воздействие на животных и человека от МП ПЧ надо искать не на фиксированной частоте 50 Гц, а в спектральном составе модулирующего тока, создаваемого хаотичным подключением к электросетям и отключением от них различных нагрузок активного, реактивного и нелинейного характера, и в способности нелинейных нагрузок и нелинейных биологических структур человека детектировать амплитудно-модулированные колебания.

Поскольку биологические мембраны клеток имеет высокую степень нелинейности вольтамперной характеристики вблизи нуля и сверхчувствительны к низкочастотным магнитным полям (они реагируют на плотность потока мощности 10^{-12} Вт/см² [3]), то они могут выделять (детектировать) колебания, модулирующие напряжение и ток частотой 50 Гц. В этом случае в биологических структурах могут иметь место параметрические или циклотронные резонансы на более низких частотах, чем 50 Гц. Поскольку биологические структуры сами генерируют сверхнизкочастотные фликкер-шумовые колебания, то в них могут осуществляться и стохастические резонансы. В организме животных и человека нет резонансов на частоте 50 Гц ни у биологических ионов, ни у более сложных структурных образований, в частности белков. И, именно поэтому, синусоидальные МП частотой 50 Гц, амплитуда индукции которых достигает 5 мкТл, не оказывают вредного влияния на животных и человека.

Выше был приведен предельно допустимый уровень индукции МП ПЧ для производственных помещений (1 мТл), в которых люди могут находиться в течение 8 ч при условии воздействия МП только на конечности. По-видимому, авторы разработки гигиенических нормативов посчитали, что на конечностях человека нет высокочувствительных нелинейных датчиков магнитных полей. Но, это не так. На кистях рук и стопах ног сосредоточено большое количество биологически активных точек, каждая из которых является высокочувствительным нелинейным элементом и генератором инфракрасного излучения, промодулированного фликкер-шумом. Диаметр точек составляет 1...2 мм. В [1] описан эксперимент, когда на биологически активные точки кисти руки одновременно воздействовали двумя сверхслабыми синусоидальными напряжениями частотой 74 и 75 Гц от двух

генераторов синусоидальных колебаний, развязанных между собой мегаомными резисторами. На выходе усилителя низкой частоты четко выделялась частота биений 1 Гц. Заметим, что на воздействии на биологически активные точки конечностей физическими факторами основана Суджок терапия.

В г. Томске с октября 2003 г. по февраль 2004 г. сотрудниками Томского государственного университета были проведены измерения трех ориентированных ортогонально компонент МП на частоте 50 Гц. По полученным данным был произведен расчет модулей МИ и были построены соответствующие электронные карты электромагнитной загрязненности южного района города [4]. Было выявлено, что амплитуда МИ в пределах основных транспортных магистралей г. Томска варьирует от единиц до 2500 нТл, при этом вертикальная составляющая, как правило, существенно превышает горизонтальные составляющие. Также были проведены измерения суточных колебаний модуля МИ на частоте 50 Гц. Так, в одной из городских квартир многоквартирного дома, расположенного на улице, по которой проходит воздушная высоковольтная линия электропередачи, амплитуды модуля МИ шумообразно изменялись в течение суток от 0,2 до 2,5 мкТл.

На основе проведенных замеров были выделены районы с низким (0,020...0,140 мкТл), средним (0,141...0,950 мкТл) и высоким (0,951...2,511 мкТл) уровнями МИ. В этих районах сотрудниками Томского государственного университета и Сибирского государственного медицинского университета была исследована заболеваемость населения острым инфарктом миокарда (ОИМ) [5, 6]. Данные о случаях заболеваний были получены из регистра ОИМ НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН (27564 случая за 18 лет, с 1985 по 2002 гг.), который составлялся путем еженедельного сбора сведений о случаях ОИМ, зарегистрированных во всех стационарах города. Для расчета относительных значений заболеваемости ОИМ (число случаев заболевания на 1000 человек) использовалась информация вычислительного центра ЖКХ администрации г. Томска о количестве жильцов, проживавших в эти годы в домах данного района.

Авторы названного исследования показали, что даже при увеличении амплитуды МИ от 0,02 до 0,20 мкТл заболеваемость ОИМ увеличивается с 3,6 до 5,8 %. На основе проведенных исследований они сделали вывод: относительно безопасным для здоровья населения уровнем магнитной составляющей электромагнитного поля ПЧ следует считать 0,2 мкТл.

На наш взгляд, порог вредного воздействия МП ПЧ на человека можно определять и на животных, но воздействовать на них надо не синусоидальным МП частотой 50 Гц, а спектральными составляющими переменного МП ПЧ. Такое МП можно образовать на основе записанных в зимнее дневное время, в будние дни (время максимального потре-

бления электроэнергии в городских электрических сетях) в соответствующее приемное устройство, располагаемое вблизи линий электропередач, при этом приемное устройство должно принимать сигнал в диапазоне частот 0...75 Гц. Такое переменное магнитное поле содержит несущую частоту 50 Гц, модулирующие несущую частоту хаотичные сверхнизкочастотные колебания, обусловленные подключением к линиям электропередач и отключением от них активных, реактивных и нелинейных нагрузок, и протектированные нелинейными нагрузками сверхнизкочастотные колебания (протектированные нелинейными нагрузками сверхнизкочастотные колебания уже содержатся в МП ПЧ). Модулирующие несущую частоту колебания совместно с несущей частотой будут также протектированы нелинейными элементами и системами подопытных животных. Протектированные хаотичные колебания будут находиться в биологически значимом для животных и человека диапазоне частот 0...25 Гц.

Обратим внимание читателя на то, что в городах России имеется много воздушных высоковольтных линий электропередачи, проходящих возле жилых домов. Так, в г. Томске на ул. Нахимова проходят шесть высоковольтных линий электропередачи, четыре из которых проходят рядом с десятиэтажным домом № 15, огибают его и проходят недалеко от него по ул. Красноармейской. На первом этаже и в подвальных помещениях этого здания расположено много магазинов, в том числе и «Детский мир». Под линиями электропередачи расположен рынок «Южный». Ни о каком безопасном уровне магнитных полей рядом с этими линиями говорить не приходится. Количество ОИМ, приходящееся на 1000 человек, у жителей дома на ул. Нахимова 15 в два раза превышает среднее число инфарктов по г. Томску.

В последние годы в г. Томске появилась тенденция использовать наружные стены и крыши жилых домов в качестве опор для подвески трехфазных силовых кабелей при пересечении ими дорог. При закреплении силовых кабелей на наружной стене дома их отделяет от жильцов стена (обычно кирпичная) и полы, которые не являются экраном для низкочастотных магнитных полей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пасько О.А., Семенов А.В., Смирнов Г.В., Смирнов Д.Г. Активированные жидкости, электромагнитные поля и фликкершум. Их применение в медицине и сельском хозяйстве. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 410 с.
2. Рубцова Н.Б. и др. Экспериментальное изучение эффектов экспозиции магнитных полей промышленной частоты как обоснование гигиенических внепроизводственных воздействий // Человек и электромагнитные поля: Тез. докл. II Междунар. конф. – Саров, 28 мая – 1 июня 2007 г. – Саров, 2007. – С. 66–67.
3. Плеханов Г.Ф. О восприятии человеком неощущаемых сигналов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Томск: Томск. гос. ун-т, 1967. – 10 с.

Российские нормы порогов вредного воздействия на человека магнитных полей промышленной частоты, по-видимому, вносят основной вклад в ухудшение здоровья детей дошкольного и школьного возраста, которое происходит в последние десятилетия.

Выводы и предложения

1. На основе теоретических и экспериментальных исследований показано, что в России значительно превышены предельно допустимые нормы для населения на индукцию магнитных полей промышленной частоты.
2. Необходимо в ближайшее время разработать новые Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы на предельно допустимые значения индукции магнитных полей промышленной частоты для человека, уменьшив предельно допустимую норму на индукцию магнитного поля промышленной частоты для населения до 0,2 мкТл.
3. Необходимо утвердить новые правила по проведению исследований на животных при определении предельно допустимого значения индукции магнитного поля промышленной частоты на основе использования магнитных полей шумовой природы в диапазоне 0...75 Гц.
4. В офисных помещениях, в которых уровень магнитной индукции превышает 0,2 мкТл, целесообразно использовать экранированную электропроводку.
5. Следует разработать малогабаритный датчик магнитных полей промышленной частоты с нижним пределом индукции 0,1...0,2 и с верхним – 2,5...3,0 мкТл.
6. Необходимо разработать законопроект, запрещающий размещать на стенах и крышах жилых домов трехфазные линии электропередачи.
7. В отдаленной перспективе воздушные высоковольтные линии электропередачи, идущие по городским улицам и подходящие к трансформаторным подстанциям, необходимо выносить за пределы города или размещать под землей на глубине 4...5 м в железобетонных трубах.

4. Белоусов А.М., Бородин А.С., Колесник А.Г., Колесник С.А., Соловьев А.В. Электромагнитное загрязнение в КНЧ-диапазоне урбанизированных территорий как экологический фактор // Известия вузов. Сер. Физика. – 2008. – Т. 51. – № 9/3. – С. 193–196.
5. Бородин А.С., Волкотруб Л.П., Гудина М.В. Заболеваемость населения острым инфарктом миокарда на городских территориях с разной степенью электромагнитного загрязнения // Известия вузов. Сер. Физика. – 2008. – Т. 51. – № 9/3. – С. 197–199.
6. Бородин А.С., Волкотруб Л.П., Гудина М.В., Колесник А.Г. Электромагнитное загрязнение урбанизированных территорий как предиктор риска сердечно-сосудистых заболеваний // Экологические проблемы. Взгляд в будущее: Сб. трудов VI Междунар. научно-практ. конф. – Ростов-на-Дону, 2010. – С. 56–58.

Поступила 13.02.2012 г.