

количественно-качественный характер. Поэтому при электродиагностике двигательная реакция мышц подлежит изучению как с количественной, так и с качественной стороны.

Методы электродиагностики

Для определения (изучения) функционального состояния нервно-мышечного прибора в физиотерапии используются различные электродиагностические методы:

– классическая электродиагностика (КЭД);

- определение миотонической реакции;
- определение миастенической реакции;
- определение зависимости между временем действия тока и его интенсивностью: определение кривой сила–длительность (КСД);
- исследование лабильности нервно-мышечного аппарата – частотная электродиагностика;
- электродиагностика синусоидальными модулированными токами (ЭД СМТ).

Продолжение см. в следующем номере

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2012

УДК 615.84:613.647

Электромагнитные поля физиотерапевтического оборудования как источник потенциальной опасности для медицинского персонала

Н.Б. Рубцова, Д.В. Марков, А.Н. Шеина¹

ФГБУ НИИ медицины труда РАМН, ¹ГБОУ Российская медицинская академия последипломного образования, Москва

Вопросы обеспечения электромагнитной безопасности медицинского персонала в настоящее время представляют собой самостоятельную проблему. В связи с этим такие дополнительные факторы риска потери здоровья, как, например, электромагнитные поля (ЭМП) различных частотных диапазонов, рассениваемые как стрессогенные, требуют адекватной оценки и строгой регламентации.

Как известно, в медицине широкое распространение получило ЭМП различных частотных диапазонов и режимов генерации. К факторам электромагнитной природы, потенциально опасным для здоровья человека, относят гипогеомагнитное поле, постоянные электрические и магнитные поля, переменные электромагнитные поля в диапазоне частот от 1 Гц до 300 ГГц, в котором особо выделяют ЭМП частоты 50 Гц (ЭМП ПЧ) и электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ – от 10 кГц до 20 ГГц). ЭМП подразделяются на постоянные (электростатическое и постоянное магнитное поля) и ЭМП радиочастот. Подразделение ЭМП на частотные диапазоны представлено в табл. 1.

Обеспечение сохранения здоровья как работающего персонала, так и населения осуществля-

ется путем гигиенической регламентации ЭМП. Традиционно гигиенические нормативы ЭМП в России разрабатываются, как правило, на основании комплексных гигиенических, клинко-физиологических, эпидемиологических и экспериментальных исследований. Гигиенические исследования ставят своей целью определение интенсивности и времени воздействия ЭМП в реальных производственных или внепроизводственных условиях; клинко-физиологические направлены на выявление нарушений в состоянии здоровья и физиологических функций человека; эпидемиологические – на выявление отдаленных последствий воздействия фактора; экспериментальные – на изучение особенностей и характера биологического действия ЭМП. Последние вносят основной вклад в обоснование гигиенических нормативов ЭМП.

Исходя из этого, в Российской Федерации действуют гигиенические регламенты производственных воздействий для гипогеомагнитных условий, постоянных электрических и магнитных полей, ЭМП ПЧ и ЭМП в диапазоне частот 10 кГц–300 ГГц, и для таких особых случаев, как ЭМП, создаваемые ультраширокополосными импульсами.

Гигиеническое нормирование ЭМП в нашей стране осуществляется для двух категорий: лиц, профессионально связанных с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, и лиц, профессионально не связанных с воздействием ЭМП, в том числе населения. Гигиеническое нормирование производственных воздействий ЭМП осуществляется в соответствии со следующими нормативными документами:

Информация для контакта: *Рубцова Нина Борисовна* – д-р биол. наук, проф., зав. научно-организационным отделом ФГБУ НИИ МТ РАМН, тел. (495)366-05-83, 366-11-01; *Марков Дмитрий Владимирович* – канд. биол. наук, науч. сотр. ФГБУ НИИ МТ РАМН; *Шеина Алевтина Николаевна* – канд. мед. наук, доцент каф. физиотерапии РМАПО, тел. (495)670-59-08.

Таблица 1

Частотные диапазоны ЭМП и их названия		
Наименование	Длины волн	Частоты
Квазипостоянные		0–3 Гц
Крайне низкие (КНЧ)	100 000–10 000 км (декамегаметровые)	3–30 Гц
Сверхнизкие (СНЧ)	10 000–1000 км (мега- метровые)	30–300 Гц
Инфранизкие (ИНЧ)	1000–100 км (гектокилометровые)	0,3–3 кГц
Очень низкие (ОНЧ)	100–10 км (мираметровые)	3–30 кГц
Низкие (НЧ)	10–1 км (километровые)	30–300 кГц
Средние (СЧ)	1 км–100 м (гектометровые)	0,3–3,0 МГц
Высокие (ВЧ)	100–10 м (декаметровые)	3–30 МГц
Очень высокие (ОВЧ)	10–1 м (метровые)	30–300 МГц
Ультравысокие (УВЧ)	1 м–10 см (дециметровые)	0,3–3 ГГц
Сверхвысокие (СВЧ)	10–1 см (сантиметровые)	3–30 ГГц
Крайне высокие (КВЧ)	1–0,1 см (миллиметровые)	30–300 ГГц
Гипервысокие (ГВЧ)	1–0,1 мм (децимиллиметровые)	300–3 000 ГГц

СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях», где установлены ВДУ ослабления геомагнитного поля; предельно допустимые уровни (ПДУ) электростатического поля, ПДУ постоянного магнитного поля, ПДУ электрического (ЭП) и магнитного поля (МП) промышленной частоты 50 Гц, импульсные МП (сварка); ПДУ электрического и магнитного полей в диапазоне частот 10 кГц – 300 МГц; ПДУ ЭМП в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц;

СанПиН 2.1.8/2.2.4-1383 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»;

СанПиН 2.2.4.1329-03 «Требования по защите персонала от воздействия импульсных электромагнитных полей»;

СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» с изменениями (СанПиН 2.2.2/2.4.2198-07; СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07);

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»;

СанПиН 2.5.2/2.2.4.1989-06 «Электромагнитные поля на плавательных средствах и морских сооружениях. Гигиенические требования безопасности»;

СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях».

Гигиеническое нормирование внепроизводственных воздействий ЭМП осуществляется в соответствии со следующими нормативными документами:

СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи»;

СанПиН 2.1.8/2.2.4-1383 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов»;

СанПиН 2.2.2/2.4-1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;

СанПиН 2.1.2.2801-10 «Изменения и дополнения №1 к СанПиНу 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях»»;

ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях»;

МСанПиН 001-96 «Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях»;

СанПиН 2.1.8/2.2.4.2489-09 «Гипогеомагнитные поля в производственных, жилых и общественных зданиях и сооружениях».

За более чем 50-летний период медико-биологических исследований по изучению причинно-следственных взаимосвязей влияния ЭМП на здоровье человека накоплен достаточно большой опыт, позволяющий объединить общие сведения о степени неблагоприятного влияния ЭМП. Начиная с первых попыток сформулировать такую нозологическую форму, как «радиоволновая болезнь», активно обсуждается вопрос о неблагоприятном влиянии на человека ЭМП радиочастотного диапазона. У лиц, подвергавшихся производственным воздействиям ЭМП, на фоне большей частоты жалоб на повышенную раздражительность, сонливость или бессонницу, головные боли и т.д. отмечались выходящие за границы нормы изменения в состоянии нервной, сердечно-сосудистой, нейроэндокринной систем, которые сопровождаются гематологическими, иммунологическими сдвигами.

Этот симптомокомплекс в общем виде укладывается в характеристики, соответствующие развитию астенического, астеновегетативного синдрома, а в более тяжелых случаях – вегетативной дисфункции. Проведенные в разных странах многолетние исследования позволили выявить также выходящие за границы нормы изменения на субклеточном, клеточном, органном и организменном уровнях. В качестве отдаленных последствий производственных воздействий ЭМП обсуждается возможность развития раннего атеросклероза, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, онкологических заболеваний (лейкоз, опухоли мозга), нарушений течения беременности, врожденных пороков развития у детей, нейродегенеративных заболеваний (болезни Альцгеймера, Паркинсона, прогрессирующая мышечная атрофия, ALS, депрессия).

Для лиц, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием источников ЭМП, они являются фактором осознанного риска, а для лиц, профессионально не связанных, в том числе и для населения, ЭМП – это фактор вынужденного риска [1].

До сегодняшнего дня воздействие ЭМП на медицинский персонал физиотерапевтических кабинетов изучено недостаточно в плане экспозиционных нагрузок с учетом всех частотных диапазонов и режимов генерации. Не существует отработанной методики гигиенической оценки, способной учесть особенности условий труда работников данной категории. Это возможно с позиций методологии профессионального риска для здоровья работников. В первую очередь следует отметить необходимость адекватного определения диапазонов ЭМП. Особый интерес представляет то, что в настоящее время чрезвычайно расширился спектр частотных диапазонов и режимов генерации ЭМП, используемых в физиотерапевтическом оборудовании.

Так, анализ некоторых образцов нового физиотерапевтического оборудования показал, что они генерируют ЭМП различных типов в широком диапазоне частот, причем в ряде случаев в диапазонах частот, не имеющих в нашей стране гигиенических регламентов. Например:

- аппарат магнитотерапевтический «ТЕСЛА-МЕД» генерирует биполярные одиночные импульсы МП частотой 2, 4, 8, 16 Гц или парные импульсы до 25 ± 5 в 1 мин с максимальной интенсивностью 220–1300 мТл, при этом у руки медицинского работника интенсивность составляет от 5 до 29 мТл;

- электростимуляторы портативные для воздействия на биологически активные точки и зоны серий «ДЭНАС» и «ДиаДЭНС» осуществляют генерацию стимулов частотой следования 10, 20, 60, 77, 140 и 200 Гц, при этом у руки человека во время выполнения процедуры индукция МП составляет 0,10–0,17 мТл;

- аппарат для сочетанного воздействия бегущим импульсным МП и электрическим током «БИОМАГ» (у руки человека интенсивность МП составляет 0,30–0,49 мТл). Для всех этих диапазонов и режимов генерации гигиенические нормативы МП отсутствуют;

- аппарат физиотерапевтический электромагнитного воздействия «Гомеотон», принцип действия которого заключается в воздействии электрическим периодическим негармоническим сигналом прямоугольной формы с автоматически подбираемой частотой в диапазоне 28–35 кГц. Пульсирующее магнитное воздействие создается с помощью двух соленоидов, работающих в противофазе в режиме переменного магнитного поля частотой около 8 Гц;

- аппарат дарсонвализации и ТНЧ-терапии «УЛЬТРАДАР-МедТеКо» предназначен для лечебного воздействия импульсным переменным током средней частоты высокого напряжения и переменным током низкой частоты высокого напряжения (частота 22 или 110 кГц). Генерируемые уровни составляют до 110 В/м при ПДУ 50–500 В/м;

- аппараты физиорефлексотерапевтические серии «РЕФТОН» генерируют ЭМП частотой несущих си-

нусоидальных колебаний 2–10 кГц, а частота модулирующих колебаний составляет 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 150 Гц. В ряде случаев дополнительным фактором является лазерное излучение длиной волны 630–670 нм (мощностью до 7 Вт). Генерируемые этими аппаратами уровни ЭСП, ПМП, ЭП и МП ПЧ, ЭМП РЧ ниже ПДУ для населения;

- токовый массажер «ТЯНЬШИ» с плеером генерирует несинхронизированную (нерегулярную) волну, амплитуда и частота которой меняется с изменением мелодии: частота импульса составляет 40–60 Гц, длительность импульсов – $0,28 \text{ мс} \pm 30\%$; максимальный выходной ток силой до 50 мА. При этом уровни ПМП – до 0,01 мТл, а ЭМП в диапазоне частот 3 кГц–300 ГГц составляет от 3,1 до 3200 мкВт/см² (последнее значение во много раз выше ПДУ не только для населения, но и для производственных воздействий).

- аппарат магнитотерапии универсальный «МАГНИТ-МедТеКо» частотой генерации несущих импульсов 50 и 100 Гц и частотой модуляции 0,5; 1; 5 и 10 Гц. Для диапазона 50 Гц отсутствует превышение ПДУ, а для частоты 100 Гц в РФ отсутствуют гигиенические нормативы МП.

Условно новые физиотерапевтические аппараты можно разделить на несколько групп: аппараты электротерапии, магнитотерапии, другие аппараты, генерирующие ЭМП в радиочастотном диапазоне. Полученные данные свидетельствуют, что аппараты электротерапии представляют наименьший риск для здоровья медработников. Уровни постоянного МП (ПМП) до 0,11 мТл, ЭП промышленной частоты (ЭП ПЧ) до 0,31 А/м, МП промышленной частоты (МП ПЧ) до 1,28 мТл и импульсных МП (Имп.МП) до 0,16 мТл, генерируемые этими аппаратами на рабочем месте медицинского персонала, значительно ниже ПДУ для всей рабочей смены. Характерно наличие разных режимов генерации токов: от постоянного до сложных видов модуляций импульсов, подаваемых пакетами. Частота импульсов варьирует от 0,15 Гц до десятков килогерц.

При эксплуатации аппаратов, предназначенных для индукции токов в теле пациента на расстоянии, индукция импульсного МП на рабочем месте составила от 0,8 до 2,6 мТл на частоте 5–160 Гц и от 0,1 до 4,74 мТл на частоте 0,1–10 Гц, т. е. аппараты генерируют на рабочем месте персонала гораздо более высокие уровни импульсного МП (при отсутствии в РФ ПДУ такого рода воздействий).

Измеренные уровни ЭП ПЧ и МП ПЧ от всех типов аппаратов (кроме случая использования МП ПЧ в качестве лечебного фактора) были значительно ниже ПДУ для всей рабочей смены, а также ниже нормативов для населения: ЭП ПЧ до 0,31 кВ/м; МП ПЧ до 5,08 А/м. Таким образом, ЭП ПЧ не может рассматриваться как дополнительный фактор риска потери здоровья медицинским персоналом. МП ПЧ может быть гигиенически значимым физическим фактором на рабочем месте только в случае использования его для лечения.

Аппараты магнитотерапии генерировали на рабочих местах персонала ПМП с индукцией до

11,4 мТл, синусоидальное МП частотой 50 и 100 Гц с индукцией до 0,29 мТл (вблизи индукторов – до 4,46 мТл), импульсное МП частотой 0,1–100 Гц и интенсивностью до 26 мТл, что может быть расценено как потенциальный фактор риска.

Уровни ЭМП радиочастотного диапазона на рабочих местах персонала, как правило, достигают значений, превышающих ПДУ для всей рабочей смены, что позволяет рассматривать их как дополнительный фактор риска потери здоровья. Так, на рабочем месте напряженность импульсно модулированного МП с несущей частотой 110 кГц и модулирующей частотой 50 Гц составила 732,3–17432 А/м (0,92–21,79 мТл); ЭП 9,43–110 В/м. При этом такие режимы генерации ЭМП в настоящее время не имеют гигиенических регламентов. Условное сопоставление результатов измерений с нормативами для модулирующей частоты 50 Гц (до 8 мТл при локальном воздействии до 1 ч за смену) или для несущей частоты 110 кГц (50 А/м при кратковременном воздействии) показывает, что измеренные уровни Имп.МП значительно превышают эти значения, что указывает на возможный риск для персонала воздействия Имп.МП аппаратов для дарсонвализации.

В целом гигиеническая оценка частотных, интенсивностных и временных параметров ЭМП от образцов нового физиотерапевтического оборудования свидетельствует о крайне сложном характере создаваемой ими электромагнитной обстановки, особенно при использовании оборудования, генерирующего ЭМП РЧ диапазона, и возможности значительного превышения даже максимальных ПДУ. При этом персонал подвергается воздействию ЭМП не только в диапазонах частот и режимах генерации, имеющих гигиенические нормативы,

но и не имеющих их (несмотря на недостаточную доказательную базу об их физиотерапевтической эффективности) (табл. 2).

Исследование электромагнитной обстановки на рабочих местах персонала действующих физиотерапевтических кабинетов, выполненное с учетом оценки ЭМП по соответствующим диапазонам, показало следующее. Интенсивность электростатического поля (ЭСП) на рабочих местах в целом была существенно ниже ПДУ для всей рабочей смены. Максимальный уровень ЭСП был зарегистрирован лишь около аппарата типа «турбосолярий» в области обдува системы охлаждения и составил $36,7 \pm 1,4$ кВ/м. Это требует ограничения допустимого времени работы до 2,6 ч, что значительно больше реального времени воздействия.

Индукция ПМП на рабочем месте персонала составила до $1,10 \pm 0,09$ мТл, около рабочей поверхности оборудования – $1,74 \pm 0,11$ мТл, что значительно ниже ПДУ общего воздействия для всей рабочей смены. Таким образом, при эксплуатации оборудования, генерирующего ПМП, даже в худшем случае персонал подвергается воздействию ПМП в 4,6 раза ниже ПДУ для всей рабочей смены при условии общего воздействия. Значения ЭП и МП ПЧ были значительно ниже ПДУ для всей рабочей смены (кроме аппаратов, генерирующих МП ПЧ как фактор лечебного воздействия).

При эксплуатации аппаратов магнитотерапии индукция МП ПЧ на рабочем месте персонала составила в среднем 0,29 мТл, а максимальная (в непосредственной близости от индукторов) достигала 4,46 мТл. При этом обеспечение сохранения здоровья медицинского персонала уже при средних уровнях требует ограничения времени работы до 4 ч за смену. При эпизодическом нахождении персонала

Таблица 2

Результаты гигиенической оценки ЭМП и оценки риска при работе с новым физиотерапевтическим оборудованием

Генерируемый диапазон частот	Наличие ПДУ	Кратность превышения ПДУ на рабочем месте (дополнительное время воздействия)	Кратность превышения ближайшего ПДУ (дополнительное время воздействия)	Категория оцениваемого риска (по Р 2.2.1766-03) [3]
ЭСП	+	-	-	-
ПМП	+	0,95	-	-
ЭП 50 Гц	+	-	-	-
МП 50 Гц	+	4 ч	-	1 Б
МП 100 Гц	-	-	4 ч	2
Имп.МП 0,1–10 Гц	-	-	1 ч	2
Имп.МП 10–100 Гц	-	-	0,8	2
Имп.МП 100 Гц–10 кГц	-	-	2,24	2
ЭП 10–30 кГц	+	0,1	-	-
ЭП 0,03– 3,0 МГц	+	-	-	-
Имп.ЭП 0,03–3,0 МГц	-	-	0,12 ч	2
МП 0,03– 3,0 МГц	+	-	-	-
Имп.мод.ЭП 0,03–3,0 МГц (100 кГц)	-	-	-	-
Имп.мод.МП 0,03–3,0 МГц (100 кГц)	-	-	2,7	2
ППЭ 0,3– 300 ГГц	+	0,89 ч	-	1Б

Таблица 3

Результаты гигиенической оценки ЭМП и степени риска на рабочем месте персонала физиотерапевтических кабинетов в диапазоне частот 0–110 кГц

Диапазон	Наличие ПДУ	Кратность превышения ПДУ (ПДУЭЭ) (общее/ локальное)	Кратность превышения ближайшего ПДУ (допустимое время воздействия общее/ локальное)	Класс условий труда согласно (Р 2.2.2006-05) [2]	Категория оцениваемого риска (по Р 2.2.1766-03) [3]
ЭСР	-	0	-	1	-
ПМП	+	4/1 ч	-	2	1Б
Имп.МП 10–50 Гц	-	-	4/1 ч	3,1	2
ЭП 50 Гц	+	0	-	2	1Б
МП 50 Гц	+	4/1 ч.	-	2	1Б
МП 100 Гц	-	-	2/1 ч	3,1	2
Имп.МП 100 Гц	-	-	4/2 ч	3,1	2
Имп.МП 0,7–1 кГц	-	-	6,4	3,1	2
ЭП 10–30 кГц	+	1,7	-	3,1	1Б
МП 10–30 кГц	+	-	-	-	-
Имп.мод.ЭП 0,03–30 МГц	-	-	9,4	3,1	2
Имп.МП 0,03–30 МГц	-	-	0	3,1	2

в непосредственной близости от индукторов допустимое время локального воздействия не должно превышать 1 ч.

Уровни Имп.МП в диапазоне частот 10–50 Гц на рабочем месте составляли в среднем $0,36 \pm 0,2$ мТл, а в непосредственной близости от индукторов достигали $5,71 \pm 1,16$ мТл. Согласно действующим регламентам для Имп.МП частотой 50 Гц, сравнение с нормативом для МП ПЧ допускает воздействие до 4 ч за смену при общем воздействии и до 1 ч за смену при локальном воздействии в непосредственной близости от индукторов.

Индукция МП частотой 100 Гц на рабочем месте составляла от 0,01 до $4,1 \pm 0,9$ мТл (в непосредственной близости от индукторов), а в среднем на рабочем месте была $0,8 \pm 0,2$ мТл. При условном сравнении зарегистрированных значений МП с ПДУ для 50 Гц видно, что в непосредственной близости от индукторов допустимое время общего воздействия составляет до 2 ч и не более 1 ч при локальном воздействии. Имп.МП частотой 100 Гц в среднем на рабочем месте составляло от $0,4 \pm 0,1$ до $2,7 \pm 0,5$ мТл (у индукторов) и $0,5 \pm 0,1$ мТл, что при сравнении с ПДУ для МП ПЧ требует ограничения во времени общего воздействия до 4 ч и локального воздействия (у индукторов) до 2 ч за смену.

На частотах 0,7 и 1 кГц индукция МП составила от $0,08 \pm 0,02$ до $1,1 \pm 0,3$ мТл (880 А/м). Условное сравнение с нормативом для МП ПЧ допускает воздействие до 2 ч за смену, условное сравнение с нормативом для МП 10–30 кГц показывает превышение ПДУ для 2-часового воздействия в 8,8 раза (в наибольшей степени у индукторов). Имеющаяся нормативная база не позволяет произвести адекватную гигиеническую оценку, несмотря на то что среди исследованных аппаратов магнитотерапии этот диапазон частот может иметь наибольшую гигиеническую значимость.

Как было отмечено выше, в диапазоне частот 0–1 кГц гигиенически значимые уровни ЭМП создают аппараты магнитотерапии. Хронометражные исследования показали, что максимальное количество отпускаемых процедур магнитотерапии одним работником составляет 25, что соответствует примерно 25 мин воздействия МП за смену. При этом возможен эпизодический кратковременный контакт рук персонала с рабочей поверхностью индукторов. Это время меньше допустимой продолжительности воздействия, вычисленной по результатам гигиенической оценки МП (Имп.МП) 10–100 Гц.

На частотах 0,7 и 1 кГц превышение ближайшего норматива (для 10–30 кГц) для 2-часового воздействия было 8,8 раза. Учитывая потенциально большую строгость этого ПДУ и его превышение только около индукторов скорее всего реальный риск для персонала при работе с этим оборудованием находится на пороге вредного воздействия.

Для ЭМП частотой 22 кГц интенсивность МП на рабочем месте составила от $0,35 \pm 0,09$ до $3,9 \pm 0,17$ А/м, не превышая ПДУ для всей рабочей смены (50 А/м), а интенсивность ЭП – от 143 ± 24 до 1762 ± 111 В/м, что превышает ПДУ 2-часового воздействия в 1,7 раза. По результатам хронометражных исследований персонал может подвергаться воздействию ЭМП 22 кГц до 80 мин за смену, что несколько меньше интервала времени, допускаемого ПДУ, т. е. ЭП частотой 22 кГц при более интенсивном его использовании потенциально может быть близким к превышающему ПДУ.

Данные, полученные на рабочих местах персонала, эксплуатирующего аппараты, генерирующие импульсно-модулированное ЭМП несущей частотой 110 кГц и модулирующей частотой 50 Гц, показали, что ЭП на рабочем месте персонала составили от $9,4 \pm 0,6$ до $380,6 \pm 31,5$ В/м (в среднем $95,7 \pm 4,2$ В/м, максимальный ПДУ не превышен), а МП от $0,20 \pm$

Таблица 4

Результаты гигиенической оценки ЭМП на рабочих местах медицинского персонала в диапазоне частот 27,12 МГц – 2,45 ГГц

Диапазон частот	ЭП 0,03–30 МГц	Имп.ЭП 0,03–30 МГц	ЭП 30–300 МГц	ППЭ 0,3–300 ГГц	ППЭ имп.ЭМП 0,3–300 ГГц
Наличие ПДУ	+	-	+	+	-
Кратность превышения ПДУ (ПДУЭЭ)	2,2	-	25	1,8	-
Класс условий труда согласно (Р 2.2.2006-05) [2]	3,1	3,1	3,3	3,1	3,1
Категория оцениваемого риска (по Р 2.2.1766-03) [3]	1Б	2	1Б	1Б	2

0,03 до $1,13 \pm 0,07$ А/м. Гигиеническую оценку такого рода воздействий можно проводить лишь условно, сравнивая полученные данные с нормативом для немодулированного ЭП частотой 110 кГц, так как для такого режима генерации нормативы отсутствуют. При условии воздействия до 80 мин за смену, энергетическая экспозиция (ЭЭ) по ЭП для персонала составляет $188313 \text{ (В/м)}^2 \cdot \text{ч}$, что в 9,4 раза превышает ЭЭ ПДУ. ЭЭ по МП составляет $1,7 \text{ (А/м)}^2 \cdot \text{ч}$, что не превышает ПДУ ЭЭ.

Таким образом, при работе с аппаратами на частоте 22 кГц напряженность ЭП для персонала в 1,7 раза превышает ПДУ для 2-часового воздействия, в то время как персонал подвергается воздействию до 80 мин за смену. На частоте 110 кГц энергетическая экспозиция персонала к ЭП условно превышает ПДУ в 9,4 раза (табл. 3).

Гигиеническая оценка ЭМП в диапазоне частот 27,12 МГц – 2,45 ГГц на рабочих местах показывает, что в худшем случае (при нахождении персонала в непосредственной близости от электродов) максимальная напряженность ЭП на рабочем месте в диапазоне частот 3–30 МГц составляет $1111,36 \pm 13,15 \text{ В/м}$ (почти в 4 раза выше максимального ПДУ); в диапазоне частот 30–50 МГц – $1105,8 \pm 244,79 \text{ В/м}$, что в 13,75 раза выше максимального ПДУ; в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц – $18197 \pm 449 \text{ мкВт/см}^2$ – в 18 раз выше максимального ПДУ.

По данным гигиенической оценки, исходя из максимально длительного нахождения персонала около электродов работающего на максимальной мощности аппарата (наихудший случай), превышение ПДУ по ЭЭ для исследованных диапазонов частот составляет от 1,8 до 25 раз. В соответствии с этим для каждого диапазона частот были определены класс условий труда и степень доказанности профессионального риска. При этом для импульсно модулированных режимов генерации удалось произвести гигиеническую оценку лишь подозреваемого профессионального риска ввиду невозможности измерить ЭМП при данном режиме генерации и отсутствии гигиенических регламентов (табл. 4).

При одновременной работе в кабинете аппаратов, генерирующих ЭМП в диапазоне частот от 27,12 МГц до 2,45 ГГц во всем процедурном кабинете отмечаются повышенные уровни ЭМП, интенсивность которого зависит от количества, мощности и расположения аппаратов. Измеренные уровни составляют от $0,8 \pm 0,1$ до $61,3 \pm 0,45 \text{ В/м}$. Таким

образом, возможно превышение допустимой условной ЭЭ.

Защита персонала, особенно при эксплуатации физиотерапевтического оборудования, генерирующего ЭМП в диапазонах частот, в которых отсутствуют гигиенические регламенты, до установления научно обоснованных нормативов может быть осуществлена путем введения в качестве временных новых гигиенических регламентов с частичным применением принципов экстраполяции, предложенных в нормативах, принятых в Евросоюзе (Directive 2004/40/EC) [4].

На основании полученных данных разработаны усовершенствованная методика гигиенической оценки экспозиции медицинского персонала физиотерапевтических кабинетов к ЭМП и рекомендации по обеспечению их электромагнитной безопасности, направленные на минимизацию рисков для здоровья персонала и дифференцированные для разных типов аппаратов.

Общие рекомендации по обеспечению электромагнитной безопасности касаются диапазонов частот и режимов генерации, при которых установлен риск (или возможность его возникновения) для здоровья персонала. Они должны включать в себя:

- безопасные методы работы,
- ограничение времени воздействия ЭМП,
- использование средств индивидуальной защиты,
- применение адекватных архитектурно-планировочных решений,
- ограничение мощности аппаратов,
- рекомендации к изменению конструкции физиотерапевтических аппаратов.

В целом для аппаратов магнитотерапии, используемых на исследованных объектах, не зафиксировано превышение ПДУ, за исключением генерирующих ЭМП на частотах 0,7 и 1 кГц, однако при значительном увеличении количества отпускаемых процедур и длительном нахождении персонала в непосредственной близости (менее 5–10 см) от рабочих частей аппарата ПДУ может несколько превышать. Таким образом, при повышенном количестве отпускаемых процедур (более 25 на одного сотрудника за смену) рекомендуется сократить фактическое время общего воздействия до 4 ч за смену и по возможности исключить контакт персонала с индуктором работающего аппарата.

Для аппаратов, генерирующих ЭМП РЧ в диапазоне частот 27,12 МГц–2,45 ГГц, основной рекомендацией является дистанцирование персонала от

электродов (излучателей) аппаратов и фидеров, использование средств индивидуальной защиты, планировка помещения таким образом, чтобы персонал как можно меньше находился в зоне максимального излучения (излучение минимально со стороны аппарата, противоположной электродам). Ориентировочно безопасный уровень мощности для аппаратов, работающих на частоте 27,12 МГц, составляет 20 Вт, для аппаратов, работающих на частоте 460 МГц, – 30 Вт, а для аппаратов, работающих на частоте 2,45 ГГц, – 50 Вт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубцова Н.Б., Походзей Л.В. Эффекты воздействия электромагнитных полей и излучений. В кн.: Энциклопедия «Экометрия». М: ИПК Издательство стандартов; 2004: 104–28.
2. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. М.; 2005.
3. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. М.; 2003.
4. Directive 2004/40/EC of the European parliament and of the council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).

Поступила 09.04.12

РЕЗЮМЕ

Ключевые слова: электромагнитное поле, физиотерапевтическое оборудование, производственные воздействия, фактор риска для здоровья

Представлен краткий анализ данных о возможном неблагоприятном влиянии электромагнитных полей на здоровье человека. Проведен анализ данных гигиенической оценки уровней электромагнитных полей на рабочих местах персонала физиотерапевтических кабинетов как фактора профессионального риска для здоровья; предложены рекомендации по его снижению

ELECTROMAGNETIC FIELDS GENERATED BY PHYSIOTHERAPEUTIC EQUIPMENTS AS A SOURCE OF POTENTIAL THREATS FOR THE MEDICAL PERSONNEL
Rubtsova N.B.¹, Markov D.V.², Sheina A.N.²

¹Federal state budgetary institution «Research Institute of Occupational Medicine», Russian Academy of Medical Sciences, Moscow;

²State budgetary educational institution «Russian Medical Academy of Postgraduate Education», Moscow

Key words: electromagnetic field, physiotherapeutic equipments, occupational exposure, health risk factors

The concise analysis of the data on the possible unfavourable action of electromagnetic fields on human health is presented. Special emphasis is laid on the hygienic estimation of electromagnetic radiation levels at the work places of the physiotherapy room medical staff as the possible health risk factor of occupational exposure. The optimal measures for the reduction and prevention of potential risks of electromagnetic radiation are recommended.