

ГОМЕЛЬСКИЙ ОБЛАСТНОЙ КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И  
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**В.Н. БОРТНОВСКИЙ, В.В. УСОВ**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ**

ГОМЕЛЬ  
2008

ГОМЕЛЬСКИЙ ОБЛАСТНОЙ КОМИТЕТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И  
ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.Н.БОРТНОВСКИЙ, В.В.УСОВ

# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Учебное пособие

ГОМЕЛЬ  
2008

**УДК 615.847.8:502**

**ББК 28.081**

**Б 83**

Бортновский В.Н., Усов В.В.

**Экологические основы электромагнитной безопасности: Учебное пособие.** – Гомель, ГУ «Гомельский государственный медицинский университет», 2008. - 36с.

В пособии представлены сведения об основных терминах, физической характеристике электромагнитных полей и статического электричества, их основных источниках в промышленности, объектах гражданской авиации, в медицине, при использовании персональных ЭВМ. С современных позиций рассматриваются различные аспекты биологического влияния ЭМП, гигиеническая регламентация при облучении персонала, изложены профилактические мероприятия и принципы защиты.

Учебное пособие предназначено для студентов, врачей–гигиенистов и профпатологов, инженеров охраны труда предприятий и учреждений различных ведомств и подчиненности, экологов и специалистов проектных организаций.

**Рецензенты:**

зав. кафедрой радиационной медицины и экологии Белорусского государственного медицинского университета, профессор А.Н.Стожаров;  
зав. отделом радиационной защиты Республиканского научно-практического центра радиационной медицины и экологии человека, доктор биологических наук В.С.Аверин.

© В.Н.Бортновский, В.В.Усов, 2008

## ВВЕДЕНИЕ

Многие годы считалось, что наибольшую опасность для человеческой популяции представляют ионизирующие излучения. Научные исследования последних десятилетий, не умоляя последствия от ионизирующих излучений, показывают, что электромагнитная радиация может оказаться столь же опасной для человеческой популяции, как и атомная. И если атомная радиация распространена лишь локально (в зонах хранения ядерных запасов, на атомных электростанциях и т.д.), то электромагнитная радиация распространяется повсеместно. Наибольшей опасности от электромагнитной радиации подвергается население крупных промышленных городов и районов.

Известно, что окружающая электромагнитная среда формируется из трех групп полей: а) поля естественного происхождения; б) собственных полей человека; в) полей, порождаемых его практической деятельностью. Между полями групп а) и в) многовековая связь, к которой человеческий организм адаптирован. Поля группы в) в десятки и сотни раз значительно перекрывает их частотный диапазон. Качественные и количественные характеристики электромагнитной среды, в которой протекает жизнедеятельность человека, подробно рассмотрены в современной литературе.

Несмотря на существенное снижение объема промышленного производства, энергопотребление остается на высоком уровне и вызывает значительную электромагнитную радиацию в среде обитания человека. Так, в домашних условиях человек подвержен воздействию электромагнитных приборов (например, от разветвленной системы электропроводки, электрической плиты, стиральной машины, кухонных электроприборов, телевизора, электроутюга, фена, радиотелефона и т.д.). Каждый из них излучает поле определенной интенсивности и частотного диапазона, но, суммируясь друг с другом, они создают суммарное поле, многократно превышающее уровни фоновых (естественных) электромагнитных полей по соответствующим частотам, к которым человеческий организм далеко не безразличен. К этому следует добавить и то обстоятельство, что стены помещений, как правило, содержат металлические конструкции, которые, являясь для электромагнитных полей экранами, приводят к его искажению. За последние годы бытовые потребления электрической энергии увеличилось за счет использования в быту новых multifunctional приборов и устройств.

Если человек выходит из дома, то он может попасть под еще более значительную электромагнитную радиацию. Вдоль многих улиц города проходят высоковольтные линии электропередач, троллейбусные линии. Многочисленными экранами электромагнитных полей и одновременно проводящими электрический ток служат подземные коммуникации города (кабельные трассы, газовые и очистные трубопроводы), рельсовые пути, свалка металлолома и другие.

Не лучше обстоят дела и на рабочих местах, особенно если они связаны с энергоемкими производствами. Наряду с электромагнитными полями первоисточников (первичными), мы вынуждены считаться и с вторичными электромагнитными полями, возникающими в результате переизлучения,

дифракций и интерференции. Существенно изменяются и частотный диапазон этих полей по сравнению с первичными полями. К существенному перераспределению полей приводят и не одинаковые по габаритам (высоте, площади и массе) городские строения, в каркасах которых содержится значительное количество электропроводящих и магнитопроводящих материалов. Следует учитывать и то обстоятельство, что электромагнитные параметры окружающей человека среды (электрическая проводимость, магнитная и электрическая проницаемости) изменяются под влиянием все той же производственной деятельности.

На первый взгляд, последовательность действия тривиальна: необходимо выявить основные электромагнитные источники; оценить их интенсивности и опасные для человека частотные диапазоны; снизить до предельно допустимых норм с помощью комплексных и индивидуальных защитных средств. Но имеются значительные трудности, возникающие из-за непонимания властными структурами важности самой проблемы; из-за отсутствия обоснованной нормативной документации на параметры и функции окружающей человека электромагнитной среды; из-за низкой информированности населения о пагубном влиянии на их жизненные функции электромагнитной радиации.

Задачи, возникающие в связи с решением проблемы электромагнитной экологии чрезвычайно сложны, именно поэтому появилась объективная необходимость иметь небольшой («карманный») курс по экологической безопасности неионизирующих излучений. Все эти вопросы нашли отражение в настоящем учебном пособии.

## **1. ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПРИРОДЫ**

В современных условиях научно-технического прогресса в результате развития различных видов энергетики, промышленности в целом, физические факторы электромагнитной природы приобретают одно из ведущих мест в экологической значимости среди других факторов окружающей среды. Поэтому сейчас в полной мере можно говорить о так называемом электромагнитном «загрязнении», и эта проблема переходит в разряд глобальных, стоящих перед человечеством. В отличие от других факторов окружающей среды, электромагнитный фактор вследствие использования его физических свойств в производстве и быту невозможно заменить на какой-либо другой, менее вредный.

В целом общий фон физических факторов электромагнитной природы состоит из источников естественного (электрические и магнитные поля Земли, атмосферники, радиоизлучения Солнца и галактик) и искусственного (антропогенного) происхождения (радиотехнические объекты, телевизионные и радиостанции, линии электропередачи, электробытовая техника и другие).

Уровень естественного электромагнитного фона на несколько порядков ниже уровней электромагнитных полей, создаваемых антропогенными источниками. Хотя электромагнитные излучения космического, земного и околоземного пространства и играют определенную роль в организации жизненных процессов на Земле и в ряде случаев выявлялась их биологическая

значимость, в рамках данного пособия будут рассматриваться физические поля электромагнитной природы только антропогенного происхождения. С этими полями каждый из нас сталкивается повседневно, как в быту, так и в процессе трудовой деятельности, они сопутствуют нашей жизни. Поэтому вполне правомочна постановка вопроса о создании так называемого «электромагнитного популяционного комфорта», оптимизации электромагнитных условий жизнедеятельности.

По своим физическим характеристикам и особенностям генераций физические поля электромагнитной природы можно сгруппировать и подразделить на электромагнитные излучения радиочастот и микроволн (ЭМИ РЧ и МКВ), электрические поля промышленной частоты (ЭП ПЧ), электростатические поля (ЭСП), магнитные поля (МП) и электрический ток (ЭТ).

### 1.1. Электромагнитные излучения радиочастот и микроволн

Электромагнитное поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами. ЭМП, являясь видом материи, обладает массой, энергией и импульсом, который перемещается в пространстве в виде электромагнитных волн. Кванты энергии ЭМП определенного диапазона частот очень низки и не способны вызвать ионизацию атомов и молекул веществ. Этот участок электромагнитного спектра от  $5 \cdot 10^{13}$  до  $10^{21}$  Гц представлен неионизирующим электромагнитным излучением. Распространение ЭМП осуществляется в виде электромагнитных волн.

Радиочастоты и микроволны (РЧ и МКВ) являются составной частью неионизирующего спектра электромагнитных излучений (ЭМИ) в частотном диапазоне от 30 кГц до 300 ГГц. Основными параметрами ЭМИ являются длина волны ( $\lambda$ ) и частота ( $f$ ), которая связана с длиной волны обратной зависимостью (для условий распространения волны в воздухе):  $f = c / \lambda$ , где  $c$  – скорость света, равная около  $3 \times 10^8$  м/с. Частоты колебаний ЭМИ измеряются в герцах (Гц): 1 килогерц (кГц) =  $10^3$  Гц, 1 мегагерц (МГц) =  $10^6$  Гц, 1 гигагерц (ГГц) =  $10^9$  Гц. Классификация РЧ и МКВ приведена в таблице 1.

*Таблица 1*

**Международная классификация электромагнитных волн по частотам**

№ диапазона	Диапазон радиочастот	Границы диапазона	Диапазон радиоволн	Границы диапазона
1	Крайние низкие, КНЧ	3 – 30 Гц	Декаметровые	100 – 10 км
2	Сверхнизкие, СНЧ	30 – 300 Гц	Метровые	10 – 1 мм
3	Инфракрасные, ИНЧ	0,3 – 3 кГц	Гектокилометровые	1000 – 100 км
4	Очень низкие, ОНЧ	3 – 30 кГц	Мириаметровые	100 – 10 км

№ диапазона	Диапазон радиочастот	Границы диапазона	Диапазон радиоволн	Границы диапазона
5	Низкие частоты, НЧ	30 – 300 кГц	Километровые	10 – 1 км
6	Средние, СЧ	0,3 – 3 МГц	Гектометровые	1 – 0,1 км
7	Высокие частоты, ОВЧ	3 – 30 МГц	Декаметровые	100 – 10 м
8	Очень высокие, ОВЧ	30 – 300 МГц	Метровые	10 – 1 м
9	Ультравысокие, УВЧ	0,3 – 3 ГГц	Дециметровые	1 – 0,1 м
10	Сверхвысокие, СВЧ	3 – 30 ГГц	Сантиметровые	10 – 1 м
11	Крайние высокие, КВЧ	30 – 300 ГГц	Миллиметровые	10 – 1 мм
12	Гипервысокие, ГВЧ	300 – 30000 ГГц	Децимиллиметровые	1 – 0,1 мм

### 1.1. Источники

Источниками ЭМИ РЧ и МКВ, могущими создавать в местах проживания населения уровни излучения, превышающие естественный электромагнитный фон окружающей среды, являются: наземные радиолокационные станции (радарные установки), телевизионные и радиостанции, электробытовая аппаратура (микроволновые печи, экраны телевизоров, видеотерминалы персональных компьютеров) и ряд других.

### 1.2. Единицы измерений, методы, аппаратура

Поле РЧ и МКВ характеризуются тремя основными параметрами: напряженностью электрического поля (Е), напряженностью магнитного поля (Н) и плотностью потока энергии (ППЭ). Оценка интенсивности РЧ и МКВ различных диапазонов неодинакова. В диапазоне РЧ - излучения менее 300 МГц ( по рекомендации Международной организации IRPA/INIRC<sup>1</sup> - менее 10 МГц) интенсивность излучения выражается напряженностью электрической и магнитной составляющих и определяется в вольтах на метр (В/м) и амперах на метр (А/м). В диапазоне МКВ, т.е. выше 300 МГц интенсивность, или ППЭ выражается в ваттах на м<sup>2</sup> (Вт/м<sup>2</sup>; 1 Вт/м<sup>2</sup> = 0,1 мВт/см<sup>2</sup> = 0,1 мкВт/см<sup>2</sup>). В зоне сформировавшейся волны между Е и Н существует связь:

$$E(\text{В/м}) = 120 \pi H(\text{А/м}).$$

Величина ППЭ определяется из соотношения:

$$\text{ППЭ}(\text{Вт/м}^2) = \frac{E^2(\text{В/м})}{120\pi} = H^2(\text{А/м}) \times 120\pi$$

<sup>1</sup> Международным комитетом по неионизирующим излучениям Международной ассоциации по радиационной защите.

Электрическое поле от антенны имеет три зоны: ближнюю - зона индукции, или зона несформированной волны (имеется магнитная и электрическая составляющие); промежуточную, или интерференционную (происходит наложение магнитных и электрических полей) и дальнюю, или зону сформированной волны (табл.2).

Гигиеническая оценка электромагнитной обстановки должна начинаться с учета радиоизлучающих источников и их основных технических характеристик: количественный и качественный учет всех источников РЧ и МКВ и их расположения, места возможных утечек, время работы излучателя или время нахождения человека вблизи работающего излучателя, излучаемая мощность (импульсная или средняя), коэффициент усиления антенны, площадь раскрытия антенны, диаграмма излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, сектор обзора антенны и ее высота над поверхностью Земли. В контроль за гигиенической обстановкой РЧ и МКВ входит расчетное и инструментальное определение ППЭ.

Расчет интенсивности ЭМИ необходим для получения предварительных данных, дающих представление о степени соответствия уровня электромагнитного фона нормируемым величинам, в том числе и для более оперативного и целенаправленного инструментального анализа. Расчетный метод оценки применяется в основном от антенн. Методика проведения расчета для различных зон излучения представлена в табл.2.

Измерения РЧ и МКВ являются основным методом экологического контроля. Технические характеристики применяемой аппаратуры представлены в таблицах 3,4. Измерения проводятся не реже одного раза в год, а также при вводе в действие новых установок, внесении изменений в конструктивные особенности источников и их размещение, изменении режима излучения, после проведения ремонтных работ, сопровождающихся изменением излучаемой мощности, и внесении изменений в средства защиты от воздействия РЧ и МКВ.

**Таблица 2**

**Определение зон излучения от различных типов антенн**

<b>Зоны излучения</b>	<b>Для параболических и круглых антенн</b>	<b>Для других типов антенн</b>
Ближняя (Рб.з.,м)	$R_{б.з.} = L^2/4\lambda$	$R_{б.з.} = L_1L_2/4\lambda$
Промежуточная (Рп.з.,м)	Размер зоны: $R_{п.з.} = R_{д.з.} - R_{б.з.}$	
Дальняя (Рд.з.,м)	$R_{б.з.} = L^2/\lambda$	$R_{б.з.} = L_1L_2/\lambda$

Примечания:

L - диаметр антенны, м;

L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> - горизонтальный и вертикальный размеры раскрытия антенны, м;

λ - длина волны излучения, м.



Метод проведения расчета ППЭ от неподвижных антенн

Зоны излучения	Для оси лепестка излучения	По краю лепестка излучения
Ближняя	$ППЭ = 3P_{ср.}/A$	$ППЭ = P_{ср.}/3A$
Промежуточная	$ППЭ = (3P_{ср.}/A) \times (R_{б.з.}/R)^2$	$ППЭ = P_{ср.} \times D/4\pi R^2$
Дальняя	$ППЭ = P_{ср.} \times D/4\pi R^2$	$ППЭ = 0,5P_{ср.} \times D/4\pi R^2$

Примечания:

**ППЭ** - плотность потока энергии, Вт/м<sup>2</sup>;

**P<sub>ср.</sub>** - средняя мощность станции, Вт;

**A** - площадь раскрытия антенны, м<sup>2</sup>;

**N** - скважность, усл.ед. (из паспорта станции);

**R** - расстояние от антенны до определяемой точки, м;

**D** - коэффициент усиления антенны, усл.ед. (из паспорта станции).

В случае отсутствия P<sub>ср.</sub>, D и N в паспорте станции, они определяются по формулам:

$$P_{ср.} = P_{имп.}/N;$$

$$D = 4\pi \times 0,7A/\lambda^2 = 8,8 \times A/\lambda^2;$$

**T** - период повторения импульсов, с;

$$N = T/t = (t + a)/t, \text{ где}$$

**a** - длительность паузы между импульсами, с;

**t** - длительность импульса, с;

**Римп** - импульсная мощность станции, Вт;

**λ** - длина волны излучения, м

Замер напряженности электрической и магнитной составляющих и ППЭ проводится при максимальной излучающей мощности источников. В случае измерений при неполной излучаемой мощности делается перерасчет до уровня максимального значения. При нескольких режимах работы, различающихся по физическим характеристикам излучений, измерения проводятся в каждом отдельном случае.

Измерения напряженности РЧ и ППЭ МКВ допускается не проводить в случаях, если установка не работает в режиме излучения на открытый волновод, антенну или другой элемент, предназначенный для излучения ЭМИ в окружающую среду, и её номинальная мощность согласно паспортным данным не превышает диапазон от 60 кГц до 3 МГц - 2,5 Вт; от 3 МГц до 30 МГц - 400 мВт; от 30 МГц до 300 ГГц - 100 мВт.

Измерения проводят на расстояниях от источников, соответствующих нахождению людей на нескольких уровнях от поверхности пола или земли, с определением максимального измеренного значения. В каждой точке проводят не менее 3-х измерений. Наибольшее из зарегистрированных значений заносят в протокол. Во время измерений люди не должны находиться в зоне измерений.

Определение величин ЭМИ в местах возможного нахождения людей может не проводиться, если ранее установлено, что при реальных режимах эксплуатации радио-излучающего средства население не подвергается воздействию ЭМИ выше 1/3 предельно допустимых уровней.

**Таблица 3**

**Измерительная аппаратура,  
применяемая для гигиенической оценки ЭМИ РЧ**

Тип прибора	Основные технические характеристики				Примечание
	Диапазон частот излучения, МГц	Пределы измерения	Погрешность измерения	Масса прибора, кг	
NFM-1 по Е-полю по Н-полю	0,6-350 0,1-30	2-1500 В/м 1-10 А/м	от +20% до -10%	2,0	Измерительный прибор напряженности ближнего поля.
ПЗ-15 по Е-полю по Н-полю	0,01-300 0,01-30	1-3000 В/м 0,5-500 А/м	±(2-3) дВ	6,65	Широкополосный измеритель для измерения напряженности сильных полей вблизи источников. Комплект имеет 5 изотропных зондов.
ПЗ-16 по Е-полю по Н-полю	0,01-300 0,01-30	1-1000 В/м 0,5-16 А/м	±(2-3) дВ	6,65	Широкополосный измеритель для измерения среднеквадратических значений электрической и магнитной составляющих различных генераций вблизи мощных источников в открытом пространстве и ограниченных экранированных объемах. В комплекте 3 изотропных зонда.
ПЗ-17 по Е-полю по Н-полю	0,01-300 0,01-30	1-3000 В/м 0,5-500 А/м	±(2-3) дВ	12,65	Укомплектован индикаторным блоком, позволяющим измерять энергетическую нагрузку, имеет 5 изотропных зондов. Обеспечивает удаление оператора из зоны измерений на 10м.
ПЗ-21 по Е-полю по Н-полю	0,1-300 0,1-30	1-1000 В/м 0,5-16 А/м	±2,5 дВ	5,6	Измеритель напряженности ближнего поля. Имеет 5 изотропных зондов.

Таблица 4

**Измерительная аппаратура,  
применяемая для гигиенической оценки ЭМИ МКВ**

Тип прибора	Основные технические характеристики				Примечание
	Диапазон частот излучения, ГГц	Пределы измерения, мВт/см <sup>2</sup>	Погрешность измерения	Масса прибора, кг	
ПЗ-9 (1.407.003 ТУ)	0,3-37,5	0,0025-16,7	(30-40)%	75,0	Линейная диаграмма направленности
ПЗ-14	0,3-16,0	0,001-1	±3,0	5,3	Круговая диаграмма направленности
ПЗ-18 (дуло.274.004)	0,3-39,65	(0,5-5)-10 <sup>-3</sup> -(5-10)	±(1-2) дБ	5,6	Изотропная диаграмма направленности, один зонд
ПЗ-19	0,3-39,65	(0,5-5)-10 <sup>-3</sup> -(20-100)	±(1-2) дБ	6,2	Изотропная диаграмма направленности, два зонда
ПЗ-20	0,3-39,65	(0,5-5)-10 <sup>-3</sup> -(20-100)	±(1-2) дБ	10,7	Изотропная диаграмма направленности, два зонда, позволяют измерять МКВ и обеспечивать удаление оператора из зоны измерения на расстояние до 10м
ПЗ-24	37,5-178,4	0,01-30,0	± (2-2,5) дБ	4,0	Изотропная диаграмма направленности в полусфере

Результаты определений величин ЭМИ должны регистрироваться в журнале, содержащем следующие графы:

- а) номер по порядку;
- б) дата проведения измерений;
- в) метод проведения определений;

- г) наименование радиоизлучающего средства, его излучаемая мощность;
- д) наименование мест, для которых проводятся определения;
- е) результаты определений;
- ж) фамилия, инициалы и подпись проводившего определения. Журнал хранится в течение 5 лет.

### 1.3. Нормирование

Воздействие ЭМИ РЧ и МКВ может носить характер изолированного (от одного источника), сочетанного (от двух и более источников одного частотного диапазона), смешанного (от двух и более источников МКВ различных частотных диапазонов) и комбинированного (в случае одновременного действия какого-либо другого неблагоприятного экологического фактора).

Воздействие может быть постоянным и прерывистым. Постоянные режимы воздействия - это все режимы воздействия, за исключением режимов воздействия МКВ, создаваемых источниками с вращающимися или сканирующими антеннами с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 50. Прерывистые режимы воздействия - режимы воздействия, создаваемые источниками с вращающимися и сканирующими антеннами с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скважностью не менее 50.

*Пример: Число оборотов в минуту - 7; сектор вращения -360°; Один оборот осуществляется за 9 с; частота оборотов 1 /9 Гц, что меньше 1 Гц. Вывод: режим воздействия - прерывистый.*

Нормирование является основным элементом экологической противорадиационной защиты от ЭМИ РЧ и МКВ. Для населения уровни ЭМИ определяются по таблице 9. Для случаев, не указанных в этой таблице 5, предельно допустимые уровни (ПДУ) в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц при продолжительности воздействия за сутки 2,5 часа и более составляют 0,1 Вт/ см<sup>2</sup>; при продолжительности от 1 до 2,5 часов - как частное от деления 0,25 Втч/м<sup>2</sup> на количество часов.

Суммарная величина воздействия ЭМИ на население от нескольких одновременно работающих источников в диапазоне частот 30 кГц - 300 МГц, для которых установлены одинаковые ПДУ, определяется по формуле:

$$E_{\Sigma} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}$$

где  $E_{\Sigma}$  и  $E_1, E_2, E_n$  - суммарная величина воздействия ЭМИ РЧ и величина воздействия РЧ от отдельных источников, соответственно по электрической составляющей.

При этом данная суммарная величина ЭМИ РЧ считается в пределах ПДУ, если она не превышает величин, указанных в таблице 5.

Суммарная величина ЭМИ МКВ на население от нескольких одновременно работающих источников в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц, для которых установлены одинаковые ПДУ, определяется по формуле:

$$ППЭ_{\Sigma} = ППЭ_1 + ППЭ_2 + \dots + ППЭ_n ,$$

где  $\text{ППЭ}_\Sigma$  и  $\text{ППЭ}_1, \text{ППЭ}_2, \text{ППЭ}_n$  - суммарная величина воздействия ЭМИ МКВ и величина воздействия ЭМИ от отдельных источников МКВ соответственно.

При этом данная суммарная величина воздействия ЭМИ МКВ считается в пределах ПДУ, если она не превышает величин, указанных в таблице 5.

**Таблица 5**

**Предельно допустимые уровни воздействий радиочастот и микроволн на население**

Радиоизлучающие средства	Диапазон частот, Мгц	Скорость вращения антенны, об/мин	Общее время работы источника на излучение в течение суток, ч	Продолжительность облучения с однопорядковой интенсивностью за общее время работы источника на излучение в течение суток, ч	ПДУ воздействия	
					В/м	Вт/м <sup>2</sup>
Средства радиосвязи	0,03-0,3	-	24	24	25	-
	0,3-3,0	-	24	24	15	-
	3,0-30,0	-	24	24	10	-
	30,0-300,0	-	24	24	3	-
Метеорологические радиолокационные станции и др. им подобные по режиму работы	1500-2000	0	12	12	-	0,12
	1500-2000	0	12	6	-	0,24
	2600-3500	0	12	6	-	0,2
	8000-12500	Не более 6	6	0,25	-	0,6
	32000-44000	Не более 6	6	0,2	-	1,4
Обзорные РЛС	700-1000	Не более 15	24	0,5	-	0,25
	1000-15000	Не более 15	24	0,5	-	0,2
	2500-3700	Не более 15	24	1,2	-	0,15

Суммарная величина воздействия Эмми на население от нескольких одновременно работающих источников РЧ и МКВ в диапазоне частот 30 кГц – 300 ГГц считается в пределах ПДУ, если:

$$\left(\frac{E_1}{E_{\text{ПДУ}_1}}\right)^2 + \left(\frac{E_2}{E_{\text{ПДУ}_2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{E_N}{E_{\text{ПДУ}_N}}\right)^2 + \frac{\text{ППЭ}_1}{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}_N}} + \frac{\text{ППЭ}_2}{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}_2}} + \dots + \frac{\text{ППЭ}_N}{\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}_N}} \leq 1$$

где  $E_1, E_2, E_n$  и  $E_{\text{ПДУ}_1}, E_{\text{ПДУ}_2}, E_{\text{ПДУ}_n}$  – величины воздействия ЭММИ от отдельных источников РЧ в диапазоне 30 кГц – 300 МГц и величины ПДУ

воздействия ЭММИ, установленные для населения в диапазоне частот, в которых работают эти источники, соответственно по электрической составляющей; ППЭ<sub>1</sub>, ППЭ<sub>2</sub>, ППЭ<sub>n</sub>, ППЭ<sub>пду1</sub>, ППЭ<sub>пду2</sub>, ППЭ<sub>пдуn</sub>, - величины ПДУ воздействия ЭММИ от отдельных источников МКВ в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц и величины ПДУ воздействия МКВ, установленные для населения при тех же режимах и продолжительности воздействия соответственно.

#### **1.4. Медико-биологические аспекты воздействия ЭМИ, РЧ и МКВ**

Клинические и эпидемиологические обследования людей, контактирующих с РЧ и МКВ, чрезвычайно сложны и не лишены субъективизма. Результаты наблюдений в этой области часто порождают неоправданный ажиотаж среди неспециалистов, необоснованную тревогу и гиперболизацию «вредности» факторов («радиофобию»). Необходимо разумное соотношение полученных эпидемиологических факторов с реально существующими уровнями, создаваемыми источниками излучения. Сложность эпидемиологических наблюдений даже за лицами, контактирующими с ЭММИ в условиях производства, заключается в отсутствии четко выраженных клинических симптомов. При этом отмечается самый широкий спектр жалоб, их слабая повторяемость. Более того, в реальных условиях этому фактору всегда сопутствуют другие, даже более значимые.

В зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия МКВ вызываемые изменения в организме людей подразделяют на изменения от острого (теплого) и хронического (нетеплого) воздействия. Острое воздействие обусловлено термическим влиянием МКВ, как правило, при нарушении техники безопасности, уровнями, в несколько сотен тысяч раз превышающими ПДУ для населения. Термогенное воздействие обычно носит локальный характер, а возникающая симптоматика определяется топографией облучаемой области. При облучении пострадавшие ощущают тепло в месте воздействия, схожее с действием солнечных лучей. Иногда отмечается общее недомогание, головная боль, головокружение, тошнота, рвота, чувство страха, жажда, повышенная потливость. У пострадавших отмечается повышение температуры тела, учащение пульса, повышение артериального давления. Субъективная и объективная симптоматика через несколько дней после облучения исчезает, все клинические показатели приходят к доклиническому уровню, полностью восстанавливается работоспособность. Немногочисленные данные по клиническому наблюдению острого теплового действия МКВ на человека говорят о возможности локальных остаточных структурных изменений органов и тканей (ожоги, катаракты и др.). При нетепловых интенсивностях большинство специалистов полностью исключают возникновение катаракты.

В ряде случаев, особенно в условиях действия импульсно-модулированных РЧ и МКВ, могут возникать слуховые ощущения. В зависимости от длительности и частоты следования импульсов звук воспринимается как щелчки, жужжание или чириканье. Гигиеническая

значимость этого явления не совсем ясна. При прекращении излучения данный эффект не наблюдается и не вызывает каких-либо последствий в функциональном состоянии организма.

Наиболее обширно в литературе представлены сведения, касающиеся клинико-эпидемиологического характера хронического влияния МКВ. Как правило, наблюдаемые изменения регистрировались при интенсивностях, подчас превышающих ПДУ, но не приводящих к тепловым эффектам. Так, по данным ряда отечественных авторов, у персонала, связанного работой с источниками МКВ, выявляется разнообразная неврологическая симптоматика как субъективного, так и объективного плана (табл. 6). По зарубежным данным при обследовании клинического статуса может отмечаться симуляция неврологической симптоматики. Предъявляемые жалобы были хроническими и наблюдались еще до момента переоблучения. У таких пациентов может длительно сохраняться субъективная переоценка вреда, наносимого МКВ. При использовании ряда психологических тестов среди персонала, имеющего контакт с МКВ, отмечается усиление тревожности поведения и депрессивного состояния при отсутствии каких-либо клинических симптомов. При анкетировании может наблюдаться преобладание жалоб на снижение памяти, ухудшение самочувствия. Представляемая картина жалоб не всегда повторяется и не обязательно встречается у лиц, подвергавшихся облучению. В ряде исследований были зафиксированы изменения в содержании форменных элементов крови, но не выходящие за пределы нормы. Однако большинство исследователей отмечают недостоверный характер этих изменений и характеризуют их как свойственные также многим другим неблагоприятным факторам труда. Данные по эпидемиологическому изучению отдаленных последствий, иногда приписываемых влиянию МКВ, в условиях реально существующих уровней у профессионалов и тем более у населения представляются весьма проблематичными.

**Таблица 6**

**Клинические проявления воздействия электромагнитных, магнитных и электрических полей в условиях производства**

Критерии оценки	Электромагнитные излучения радиочастот и микро-волны		Магнитные поля	Электрические поля	
	Начальная стадия	Умеренная и выраженная стадии		Промышленная частота	Статические поля
Субъективная оценка воздействия (жалобы)	Головные боли; боли в области сердца; повышенная утомляемость; раздражи-	Приступообразные головные боли; сжимающие боли в области сердца; слабость; ощущение нехватки	Раздражительность; вспыльчивость; нарушение памяти; снижение внимания; повышенная	Тупые головные боли в височных областях; давящие боли в области сердца; сердцебиение;	Головные боли; раздражительность; повышенная утомляемость; нарушение

Критерии оценки	Электромагнитные излучения радиочастот и микро-волны		Магнитные поля	Электрические поля	
	Начальная стадия	Умеренная и выраженная стадии		Промышленная частота	Статические поля
	тетельность; нарушение сна; снижение памяти;	воздуха; головокружение; тошнота; повышенная возбудимость; нарушение сна; снижение памяти; половая слабость	утомляемость; фобии.	сонливость; повышенная утомляемость; угнетенность настроения; ухудшение памяти	сна; фобии, связанные с ожиданием удара электрического разряда при работе; эмоциональная возбудимость.
Объективная оценка воздействия: Нервная система (неврологический статус)	Увеличение времени прослойки двигательной реакции; повышение пороговой возбудимости обонятельного и зрительного анализаторов.	Гипергидроз; ярко-красный, разлитой стойкий дермографизм; акрогипотермия; тремор век и пальцев вытянутых рук; термоасимметрия	Повышение и периостальных рефлексов; тремор пальцев, языка; полая поза Ромберга; неустойчивость оculo-вестибулярных реакций.	Повышение сухожильных рефлексов; Тремор век и пальцев вытянутых рук; снижение коленных рефлексов; повышенная чувствительность к яркому свету; тенденция уменьшению времени сенсорной реакции; снижение устойчивости координации движений.	Нистагмус; легкая недостаточность иннервации мимической мускулатуры по центральному типу; гиперрефлексия, иногда с анизорефлексией, но без пирамидальных знаков; неустойчивость в позе Ромберга; легкая дизметрия при пальцековой



Критерии оценки	Электромагнитные излучения радиочастот и микро-волны		Магнитные поля	Электрические поля	
	Начальная стадия	Умеренная и выраженная стадии		Промышленная частота	Статические поля
					пробе; мелко-размашистый тремор рук; асимметрия температуры тела; изменение вегетативного индекса.
Электроэнцефалография	Без изменений.	Билатерально синхронные разряды тета-волн, имеющие спонтанный характер чаще после гипервентиляции; сдвиг оптимума усвоения ритма в сторону быстрых частот; уменьшение количества связей между волнами; изменение характера внутри корковых взаимоотношений.	Перестройка ритма с кратковременной фазой первоначального возбуждения с последующим торможением возбуждения к реактивности корковых структур, изменение стволовых взаимоотношений.	Снижение амплитуды альфа-волн; изменение амплитуды вызванных потенциалов при световой стимуляции; иногда регистрация «плоских» кривых.	Дисфункция средних структур головного мозга; ирритация ствола мозга.
Реоэнцефалография	Без изменений.	Снижение интенсивности пульсового кровенаполнения;	Без изменений.	Без изменений.	Дистония церебральных сосудов, преимущест-

Критерии оценки	Электромагнитные излучения радиочастот и микро-волны		Магнитные поля	Электрические поля	
	Начальная стадия	Умеренная и выраженная стадии		Промышленная частота	Статические поля
		повышение тонуса интра и экстракраниальных сосудов.			венно в бассейне внутренней сонной артерии.
Сердечно-сосудистая система: артериальное давление	Артериальная гипотония (систолическое давление ниже 90 мм рт.ст.)	Повышение артериального давления (диастолическое давление выше 90-95 мм рт.ст.)	Разнонаправленные колебания артериального давления.	Неустойчивая тенденция к артериальной и региональной гипертензии.	Неустойчивая склонность к гипотонии.
Частота сердечных сокращений	Брадикардия (менее 60 уд./мин)	Брадикардия	Неустойчивость показателей.	Неустойчивая склонность к брадикардии	Неустойчивая склонность к брадикардии
Электрокардиография	Высокий, островершинный зубец Т, преимущественно в грудных отведениях	Синусовая брадикардия и брадиаритмия; снижение, сглаживание или инверсия зубца Т; приступы пароксизмальной мерцательной аритмии (редко); желудочковая экстрасистолия (редко).	Снижение вольтажа QRS ; замедление внутрижелудочковой проводимости; снижение или повышение амплитуды зубца Т.	Признаки нарушения ритма и темпа сокращений; снижение вольтажа комплекса QRS; уплощение зубца Т.	Снижение вольтажа зубцов.
Система крови	Тенденция к лейкопении.	Наклонность к цитопении, уменьшение количества зрелых кле-	Тенденция к эритроцитопекии; тенденция к снижению	Тенденция к повышению содержания гемоглобина; тенденция к	Тенденция к тромбоцитопении; тенденция к пониже-

Критерии оценки	Электромагнитные излучения радиочастот и микро-волны		Магнитные поля	Электрические поля	
	Начальная стадия	Умеренная и выраженная стадии		Промышленная частота	Статические поля
		ток нейтрофильного ряда; признаки раздражения эритропоэза; склонность к ретикулоцитозу.	гемоглобина; умеренный лейкоцитоз; умеренный лимфоцитоз; уменьшение СОЭ.	эритроцитозу, лейкоцитозу.	нию содержания эритроцитов, гемоглобина; незначительный лимфоцитоз.
Обмен веществ	Без изменений	Повышение содержания липидов в крови, увеличение общего белка снижение хлоридов повышение гистамина; тенденция к увеличению выведения катехоламинов с мочой	Нерезко выраженные сдвиги в соотношении углеродного, азотистобелкового, жирового, электролитного обмена.	Показатели не выходят за пределы физиологической нормы.	Изменения холинэргической активности
Изменения холинэргической активности	Повышенные функциональной активности щитовидной железы.	Сдвиги в содержании и соотношении глюкокортикоидов.	Показатели не выходят за пределы физиологической нормы.	Показатели не выходят за пределы физиологической нормы.	Показатели не выходят за пределы физиологической нормы

Исследования, проведенные у нас в стране до 60-70-х годов, позволили рассматривать весь наблюдаемый симптомокомплекс как проявление «радиоволновой болезни». Однако большинство зарубежных авторов наличие этой нозологической формы заболевания либо отрицают, либо ставят под сомнение.

Следует отметить, что соблюдение правил техники экологорадиационной безопасности при работе с источниками МКВ и санитарных

норм воздействия для населения полностью исключают возможность неблагоприятного влияния этих излучений на организм человека.

### 1.5. Обеспечение экологической безопасности

Обеспечение экологической безопасности (защита) от действия ЭМИ, РЧ и МКВ предполагает снижение их интенсивности до уровней, не превышающих предельно допустимые. Это связано с выбором конкретных методов и средств, учетом их экономических показателей, простоты и надежности эксплуатации. Её организация подразумевает:

- оценку уровней интенсивности полей и их сопоставление с действующими нормативными документами;
- выбор необходимых мер и средств защиты, обеспечивающих степень защищенности в заданных условиях;
- организацию системы контроля за функционирующей защитой.

По своему назначению защита может быть коллективной, предусматривающей мероприятия для групп населения, и индивидуальной - для каждого человека в отдельности. В основе каждой из них лежат организационные и инженерно-технические мероприятия (табл.7).

Коллективная защита по сравнению с индивидуальной предпочтительней вследствие простоты обслуживания и проведения контроля за ее эффективностью. Однако ее внедрение часто осложняется высокой стоимостью, сложностью защиты больших пространств.

**Таблица 7**

**Структура мер защиты от действия радиочастот и микроволн**

Наименование мер защиты	Коллективная защита	Индивидуальная защита
Организационные меры защиты	<i>Лечебно-профилактические мероприятия</i>	
	<p>Применение средств наглядного предупреждения о наличии ЭМИ.</p> <p>Вывешивание плакатов, памяток с перечнем основных мер предосторожности.</p> <p>Проведение лекций по безопасности труда при работе с источниками ЭМИ и профилактике переоблучения от их воздействия.</p> <p>Снижение уровня воздействия сопутствующих производственных факторов.</p>	<p>Проведение медицинского освидетельствования при приеме на работу.</p> <p>Периодические медицинские обследования и врачебные наблюдения за персоналом.</p> <p>Объективная информация об уровне интенсивностей на рабочем месте и четкое представление об их возможном влиянии на состояние здоровья рабочих.</p> <p>Проведение инструктажа по прави-лам техники безопасности</p>

Наименование мер защиты	Коллективная защита	Индивидуальная защита		
		при работе в условиях воздействия ЭМИ.		
	<i>Мероприятия по защите временем</i>			
	Разработка оптимального режима труда и отдыха коллектива с организацией рабочего времени с минимально возможным контактом по времени с ЭМИ.	Нахождение в контакте с ЭМИ только по служебной необходимости с четкой регламентацией по времени и пространству совершаемых действий.		
	<i>Мероприятия по защите за счет рационального размещения объектов</i>			
	Рациональное размещение облучающих и облучаемых объектов: увеличение расстояний между ними; подъем антенн или диаграмм направленности.	Организация рабочего места с целью создания условий с минимальными уровнями воздействующих ЭМИ.		
Инженерно-технические меры защиты	Секторное блокирование направлений излучения.		Экранирование отдельных рабочих мест радиотражающими или радиопоглощающими материалами.	
	Экранирование объемов облучения	Радиотражающие материалы. Радиопоглощающие материалы. Строительные материалы. Лесонасаждения.	Индивидуальные средства тотальной защиты в комплексе со средствами локальной защиты.	Костюмы. Комбинезоны.
	Экранирование источников радиоизлучений	Поглощение нагрузки. Эквиваленты антенн. Поглотители мощности. Аттенюаторы.	Индивидуальные средства локальной защиты.	Радиозащитные халаты, фартуки, шлемы, очки, перчатки, щитки и т.д.

Организационные меры защиты направлены на обеспечение оптимальных вариантов расположения объектов, генерирующих поля, и объектов, оказывающихся в зоне воздействия, с целью снизить до минимума время пребывания в условиях воздействия, предупредить возможность попадания в зоны с интенсивностями, превышающими ПДУ, то есть

осуществить защиту «временем». Внедрение в практику этих защитных мер начинается в период предупредительного и уточняется в период текущего санитарного надзора. В зависимости от воздействующих уровней РЧ и МКВ (инструментальный и расчетный методы оценки) время контакта с ними определяется в соответствии с действующими нормативными документами.

Защита рациональным (оптимальным) размещением подразумевает определение санитарно-защитных зон, зон недопустимого пребывания на этапах проектирования. В этих случаях для определения степени снижения воздействия в каком-то пространственном объеме используют специальные расчетные, графоаналитические, инструментальные (стадия экспериментальной эксплуатации) методы. Так, в ряде случаев защитные меры от ЭМИ РЧ и МКВ включают ограничение работы источников по углу места и азимута, а также необходимость подъема диаграммы направленности или антенны. Рассмотренный метод не является чисто организационным. Он предполагает проведение дополнительных строительных и инженерных работ: создание насыпей, эстакад и т.д. Следует заметить, что вследствие подъема антенны или угла наклона диаграммы направленности многие характеристики радиоизлучающего объекта могут измениться. К этой же группе защитных мероприятий следует отнести и защиту расстоянием. Она достигается максимально возможным удалением облучаемых объектов от источника, генерирующего поле, дистанционным его управлением и т.д.

В ее основе лежит принцип уменьшения интенсивности излучения обратно пропорционально квадрату расстояния между источником и объектом облучения. После проведения защитных мер для снижения уровня интенсивности при рациональном размещении объектов обязателен инструментальный контроль за уровнем излучения.

Организационные меры коллективной и индивидуальной защиты основаны на одних и тех же принципах и в некоторых случаях относятся к обеим группам. Разница лишь в том, что первые направлены на нормализацию электромагнитной обстановки для больших групп населения, а вторые уменьшают фон поля индивидуально для конкретного человека.

Инженерно-технические меры защиты применяются в тех случаях, когда исчерпана эффективность организационных мер защиты, при этом всегда надо учитывать принципы, на основе которых действуют те или иные защитные средства, устройства, конструкции. Для ЭМИ РЧ и МКВ основными принципами являются сквозное, дифракционное затухание, а также радиопоглощение.

Сквозное затухание обусловлено проникновением электромагнитной энергии через какой-либо материал или изделие из этого материала и определяет кратность защиты. Наибольшим сквозным затуханием обладают сплошные металлические экраны. Однако для конкретных гигиенических целей выбор толщины материала защиты не имеет принципиального значения и диктуется только экономическими соображениями. Поэтому предпочтение отдается тонкой металлической фольге в несколько сотых миллиметра либо сетчатым экранам.

Определенными защитными свойствами, оцениваемыми по степени сквозного затухания, обладают строительные материалы и конструкции из них, сравнительная характеристика которых представлена в таблице 8. Для конструкций из различных экранирующих материалов оценку степени сквозного затухания дают только по результатам инструментального метода.

В случаях, когда фронт падающей волны сталкивается с кромкой каких-либо экранирующих средств, приходится оценивать дифракционное затухание.

При проведении защитных мероприятий обычно приходится сталкиваться и с влиянием на электромагнитную обстановку отдельно расположенных радиоотражающих поверхностей, что на практике вызывает большие трудности в оценке эффективности мер защиты. Так, если имеется отражающая поверхность, расчет затухания нужно производить с учетом коэффициента отражения по диаграмме направленности до и после отражающей поверхности. Если расчетная точка находится точно в отраженном луче, то затухание рассчитывается по формуле:

$$B_{\text{отр}} = (R_{\text{отр}} / R_{\text{пр}}) 2F_{\text{э}},$$

где  $R_{\text{пр}}$  – прямое расстояние «источник облучения – точка облучения»;  $R_{\text{отр}}$  – расстояние «источник облучения – отраженная поверхность – точка облучения»;  $F_{\text{э}}$  – коэффициент отражения.

**Таблица 8**

**Характеристика защитных свойств строительных материалов и изделий из них при действии микроволн**

Наименование материала	Толщина, см	Сквозное затухание (дБ) на частоте		
		3,0 ГГц	10,0 ГГц	37,5 ГГц
Кирпич	12	15	15	15
Металлизированный стеклянный кирпич	-	25	25	25
Штукатурка	1,8	-	8	12
Стекло	0,28	-	2	2
Доска	5,0	8,4	-	-
Доска	3,5	5,0	-	-
Доска	1,6	2,8	-	-
Фанера	0,4	-	1	2
Древесно-стружечная плита	1,8	3,2	-	-
Шлакобетонная стена	46	14,5	20,5	-
Капитальная стена здания	70	16	21	-
Оштукатуренная стена	15	8	12	-
Межэтажная перегородка	80	20	22	-
Окно с двойными	-	7	13	-

рамами				
Окно с одинарной рамой	-	4,5	-	-

Защита, основанная на принципе радиопоглощения, применяется в основном для рабочих мест персонала, контактирующего с источниками ЭМИ, и не применяется в плане обеспечения экологической безопасности. Исключение составляет применение лесонасаждений. Использование их в качестве защиты наиболее эффективно при непосредственной близости от защищаемого объекта. При этом учитывается только степень сквозного затухания. При большой протяженности объекта в глубину и густой защитной полосе из высоких деревьев необходимо учитывать дифракционное затухание.

## 2. Электрические поля промышленной частоты

Электрические поля промышленной частоты являются одним из экологически значимых физических факторов электромагнитной природы. Эти поля не являются каким-то особенным лучевым фактором, а представляют лишь частный случай электромагнитных полей сверхнизкочастотного диапазона (СНЧ) и составляют 50/60 Гц.

### 2.1. Источники

Основными источниками ЭП ПЧ являются высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП), открытые распределительные устройства (ОРУ), электробытовая техника, электроаппаратура, приборы, в которых используется ток промышленной частоты. Экологическая значимость этих полей постоянно возрастает в силу того, что, с одной стороны, постоянно возрастает сеть ЛЭП, увеличивается их мощность, а с другой - расширяется контакт населения с электробытовой техникой и аппаратурой.

### 2.2. Единицы измерений, методы, аппаратура

Единицей измерения ЭП ПЧ является величина напряженности (Е), измеряемая в вольтах на метр (В/м) или киловольтах на метр (кВ/м): 1 кВ/м -  $10^3$  В/м.

Уровень напряженности поля от ЛЭП есть функция номинального значения ее напряженности и конструкционно-строительных параметров (размер проводов, расстояния между ними, высота над поверхностью земли). В связи с этим, уровни воздействия на людей, находящихся под ЛЭП, зависят от расстояния до токоведущих частей. Наибольшее значение регистрируется при нахождении непосредственно под проводами и по центру между опорами. С удалением в сторону от оси линии и ближе к опорам уровни напряженности поля быстро убывают до своих минимальных значений. Естественно предположить, что максимальные уровни напряженности поля, с которыми может встретиться человек, находятся в непосредственной близости к токоведущим проводам.



Для измерения напряженности ЭП ПЧ применяются ПЗ-1 (-1 м) и NFM-1 (Германия).

Измерения проводятся в местах нахождения людей при неискажении поля. Они проводятся по высоте 0,8 м от поверхности земли при отсутствии защитных средств и на высоте 0,5; 1,0 и 1,8 м - при наличии коллективных средств защиты.

Измерения проводятся при начале эксплуатации новых энергоустановок, изменений конструктивных особенностей и организации средств защиты. Текущий экологический надзор осуществляется 1 раз в год.

### **2.3. Нормирование**

Согласно «Санитарным нормам...» (СН № 2971-84), на открытой территории зоны жилой застройки уровень напряженности ЭП ПЧ не должен превышать 1,0 кВ/м, а внутри жилых зданий - 0,5 кВ/м. Данный уровень не должен иметь превышения с учетом 24-часового пребывания.

### **2.4. Медико-биологические аспекты воздействия ЭП ПЧ**

ЭП ПЧ в теле человека наводят электрические токи, причем их максимальные величины - в нижних частях ног - составляют 15 мкА/кВ/м. У человека в поле с  $E = 6-8$  кВ/м наведенные токи составляют 90-120 мкА. Они стремятся пройти в землю, вследствие чего создается разность потенциалов между человеком и землей. Если человек изолирован от земли, то в месте контакта с заземлением он будет испытывать ощущение разряда электрического тока. В биологическом плане токи становятся ощутимыми при прохождении их по телу, например, от одной конечности до другой, при величине 500 мкА. При большем значении они могут вызвать реакцию кратковременного электроудара, хотя вполне слабого и безвредного. Искровые разряды возникают при напряженности ЭП ПЧ свыше 3 кВ/м и напоминают удары статического электричества в сухую погоду. Наведенные токи от ЛЭП при прохождении на землю по силе воздействия меньше или эквивалентны в первом приближении наведенным токам, возникающим при пользовании бытовыми электроприборами.

Результаты экспериментальных исследований показали, что чтобы вызвать потенциал действия в нервной клетке, наведенные токи должны быть порядка  $10-20$  А/м<sup>2</sup>. В случае более длинных нервных клеток плотность токов может быть меньше. Пороговая величина плотности тока, вызывающая потенциал действия в клетке, составляет 1 А/м<sup>2</sup>. Проведенные расчеты свидетельствуют, что при внешнем поле 10 кВ/м (50/60 Гц) наведенные токи в теле человека намного меньше даже этой величины. Так, у заземленного человека она в области головы составляет 0,6 мА/м<sup>2</sup>, шеи - 5,5 мА/м<sup>2</sup>, в паховой области и области ступней - 2,5 и 20 мА/м<sup>2</sup> соответственно.

По мнению некоторых исследователей, серьезно занимавшихся этой проблемой, внеклеточное поле, провоцируемое внешним ЭП, может считаться безопасным, если его величина не превышает уровень ЭП живых тканей. На основе ЭКГ и ЭЭГ определена плотность тока нервной ткани, равная 1 мА/м<sup>2</sup>.

Приведенные выше данные по наведенным токам в теле человека, находящегося в ЭП ПЧ напряженностью  $10 \text{ кВ/м}^2$ , намного выше этой величины.

На сегодняшний день не сложилось отчетливого представления о неблагоприятном действии ЭП ПЧ уровнями, не превышающими ПДУ для населения. На основе результатов многочисленных эпидемиологических исследований, где изучался широкий диапазон клинических показателей, отдаленные возможные последствия, включая риск возникновения злокачественных новообразований, лейкемии, смертность, сделать вывод об опасности воздействия на человека уровнями не выше ПДУ для населения, нельзя.

Однако при воздействии интенсивностями, значительно превышающими ПДУ для персонала, непосредственно занятого эксплуатацией и обслуживанием электроэнергетических установок, выявляется пестрая клиническая симптоматика, характерная для невротического симптомокомплекса и ряда вегетативных проявлений. Частота и степень выраженности изменений в организме, как правило, коррелировали с интенсивностью и продолжительностью воздействия. Картина возникших изменений довольно схожа с эффектами при действии ЭМИ РЧ и МКВ.

## **2.5. Обеспечение экологической безопасности**

В основе обеспечения экологической безопасности действия ЭП ПЧ лежит применение инженерно-технических мер коллективной защиты: защита «расстоянием», защита экранированием и заземлением.

Среди коллективных мер защиты на первый план выступает ряд предварительных мероприятий, проводимых на этапах проектирования ЛЭП. Это недопущение проведения жилой застройки в непосредственной близости от ЛЭП, где уровни интенсивности ЭП превышают ПДУ для населения, определение зон недопустимого пребывания населения, а также предупреждение их случайного попадания в эти зоны.

Распространенными коллективными средствами инженерно-технической защиты от действия ЭП ПЧ являются экранирующие навесы, козырьки. Экранирующие навесы изготавливаются из параллельных проводников (диаметр 3-5 мм, расстояние между ними 20 см) и располагаются на высоте 2,5 м над пешеходными дорожками.

При этом кратность защиты под серединой навеса достигает 17, у края - 5. Экранирующие козырьки, используемые в качестве защиты, изготавливаются в виде сеток из такого же материала с размером ячеек 5-10 см с кратностью защиты, равной 6. Для прохода людей, проезда автомашин, сельскохозяйственной техники под высоковольтными линиями электропередач организуют приспособления, относящиеся к коллективным средствам защиты. В частности, к ним относятся сокращение расстояний между опорами, применение экранирующих тросов, навесов, натянутых на заземленных опорах. В ряде случаев на установках 400 и 500 кВ на расстоянии 4,5 м и 750 кВ на расстоянии 6 м до токоведущих частей устанавливаются экраны. Во всех

случаях экранирующие устройства подлежат заземлению с величиной сопротивления заземляющего устройства 10 Ом.

### **3. Электростатические поля**

Электростатические поля - это поля, создаваемые неподвижными электрическими зарядами и характеризуются взаимодействием между зарядами. Они связаны с возникновением, сохранением и релаксацией свободного заряда на поверхности различных материалов.

#### **3.1. Источники**

В зависимости от источников образования ЭСП могут существовать в виде свободного электрического поля или стационарного постоянного тока. Наиболее часто ЭСП, с которым приходится сталкиваться широкому кругу населения, встречаются в быту при пользовании бытовой электротехникой, при случайном попадании в зоны, где проводится техническое обслуживание различного оборудования, выполнение различных технологических процессов (электролиз, электрогазоочистка, электростатическая окраска), при пользовании транспортными средствами различного назначения и других. Экологическая значимость ЭСП для широкого круга населения значительно ниже, чем ЭМИ РЧ и МКВ, ЭП ПЧ. Однако как физический фактор электромагнитной природы, с которым в той или иной форме встречается каждый из нас, он имеет место.

#### **3.2. Единицы измерения, методы, аппаратура**

Основными параметрами ЭСП являются напряженность поля и потенциал действия его отдельных точек. Напряженность - величина векторная, определяемая отношением силы, действующей в поле на точечный заряд, к величине этого заряда и является наиболее объективным и универсальным значением для гигиенической оценки интенсивности ЭСП. Единицей измерения напряженности является вольт на метр (В/м).

Для измерения ЭСП используются приборы: ИЭСП-1 (диапазон измеряемой напряженности 1-150 кВ/м); ИЭСП-9 (диапазон напряженности до  $2,6 \times 10^6$  В/м); ИНЭП-1 (диапазон напряженности 0,4-2500 кВ/м); ВИНЭП-2 (диапазон напряженности 3-2000 кВ/м); ИНЭП20Д; ИЭП-П.

#### **3.3. Нормативы**

Каких-либо нормативных документов, определяющих уровни воздействия ЭСП на население, у нас в стране нет. Для персонала, работающего в условиях воздействия ЭСП на производстве, согласно ГОСТ 12.1.045-84 при напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в ЭСП не регламентируется. Поэтому эту величину можно в первом приближении брать за отправную в качестве безопасного уровня воздействия.

### **3.4. Медико-биологические аспекты воздействия**

В литературе сведений о неблагоприятном биологическом действии ЭСП интенсивностями ниже 20 кВ/м на человека встретить не удалось.

Однако в ряде случаев при напряженности ЭСП свыше 60 кВ/м (верхняя граница ПДУ для персонала в условиях производства может наблюдаться полиморфизм биохимических и физиологических изменений. В целом эти изменения носят обратимый характер. У людей, работа которых сопряжена с действием ЭСП, встречается полиморфизм жалоб на состояние здоровья (табл.10). У некоторых преобладает чувство страха, обусловленное прежде всего ожиданием электрического разряда, что сочетается с повышенной эмоциональной возбудимостью.

В ряде случаев возникновение статического электричества и нарушение техники безопасности приводит к частичному или полному электрическому пробое, что может явиться причиной пожаров и травмоопасной ситуации.

### **3.5. Профилактика избыточного воздействия ЭСП**

При разработке и выборе средств защиты от влияния ЭСП учитывают принцип экранирования, снижения уровня статического электричества, заземления.

К ним относятся различные устройства, приспособления, применение химических веществ, способствующих снижению уровней напряженности до допустимых. Одну из групп этих средств составляют различные заземляющие устройства. Они обязательно устанавливаются на оборудовании, на котором возможно возникновение или накопление электрических зарядов. При этом величина сопротивления заземляющего устройства не должна превышать 100 Ом. Другую группу средств защиты от ЭСП составляют нейтрализаторы, которые по принципу действия делятся на индукционные, высоковольтные, лучевые, аэродинамические. Достаточно большую группу составляют различные антиэлектростатические вещества, наносимые на поверхность изделий, либо используемые в качестве добавок и вводимые в какой-то объем. В некоторых случаях удобно использовать различные увлажняющие устройства, основанные на испарении или распылении, предотвращающие накопление статического электричества. К средствам защиты можно отнести применение экранирующих устройств в виде козырьков, перегородок и т.п.

## **4. Магнитные поля**

Движущиеся заряды (токи) изменяют свойства окружающего пространства - создают в нем магнитное поле (МП). Различают постоянные магнитные поля (ПМП), импульсные магнитные поля (ИМП), инфранизкочастотные (с частотой до 50 Гц) переменные магнитные поля (ПеМП).

### **4.1. Источники**

ПМП создается постоянным током или веществом, имеющим свойство постоянных магнитов. В основе применения ПМП лежит свойство

намагничивания различных веществ, особенно ферромагнитных материалов. Кроме того, некоторые свойства МП используют в электродвигателях и генераторах постоянного тока, магнетронах СВЧ-генераторов, при фокусировке электронного луча, электромагнитной защите от ионизирующей радиации. Основными источниками МП, с которыми приходится сталкиваться человеку, являются самые разнообразные бытовые электроприборы. В перспективе реально возможный контакт с МП - при пользовании транспортными средствами на магнитной подвеске. Наибольшее распространение среди МП получили МП промышленной частоты (50/60 Гц), которые наравне с ЭП ПЧ являются мощным экологически значимым физическим фактором электромагнитной природы при функционировании ЛЭП.

#### **4.2. Единицы измерения, методы, аппаратура**

Для характеристики МП вводится величина, называемая индукцией МП (В), равная силе, с которой МП действует на единичный элемент тока, расположенный перпендикулярно к вектору индукции. Единицей индукции МП является тесла (Тл). Для характеристики МП в вакууме вводится величина, называемая напряженностью МП (Н), измеряемая в ампер на метр (А/м). Напряженность и индукция МП связаны соотношением:

$$B = \mu_0 \mu H,$$

где  $\mu_0$  - магнитная постоянная, равная  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м;  $\mu$  - относительная магнитная проницаемость веществ.  $1\text{Тл} = 7,96 \cdot 10^5$  А/м;  $1$  А/м =  $1,256 \cdot 10^{-6}$  Тл. внесистемная единица магнитной индукции - гаусс (Гс):  $1\text{Гс} = 10^{-4}$  Тл; напряженность МП - эрстед (Э) :  $1$  Э =  $79,58$  А/м. В воздушной среде  $1\text{Гс} = 1$  Э.

Для эколого-гигиенических целей при оценке уровней ПМП можно использовать приборы: Ш1-8 (диапазон измерений 0,01-1,6 Тл), Ф 4354/1 (диапазон измерений 0,005-1,5 Тл); МП частотой менее 50 Гц: Г-703 (0-19 мТл); МП ПЧ: Г-79 (0-19 мТл); МП 50 Гц-1 кГц: Г-703, Г-79; МП 1-60 кГц: ПЗ-15 (-16, -17) (0-3 мТл); МП 0,06-50 МГц: NFM -1 (0-500 А/м), ПЗ-15 (-16, -17).

#### **4.3. Нормативы**

Каких-либо нормативных документов, регламентирующих уровни МП для населения, у нас в стране и за рубежом нет. Это связано с тем, что очень сомнительна вероятность воздействия на людей в условиях повседневной жизни таких уровней МП, которые могли бы вызывать неблагоприятные для здоровья последствия.

Однако для условий производства такие документы имеются. В частности, в производственных условиях предельно допустимые значения уровней напряженности ПМП не должны превышать 8 кА/м, что соответствует 10 мТл индукции (СН № 1742-77). Для МП ПЧ ПДУ являются дифференцированными в зависимости от характера генерации и времени контакта с полем (СН № 3206-85).

#### **4.4. Медико-биологические аспекты воздействия МП**

В настоящее время трудно дать исчерпывающую картину изменений под влиянием МП. На основе многочисленных эпидемиологических исследований по воздействию МП на персонал в производственных условиях показано, что все изменения, вызываемые МП, характеризуются полиморфизмом и разнообразием и связаны с влиянием на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы (табл. 10). При уровнях воздействия, близких геомагнитным полям, влияние на человека весьма спорно. Однако МП большой интенсивности, превышающей на порядок и более нормативные значения для производственных условий, могут вызывать неблагоприятные изменения, которые не имеют нозологической принадлежности и могут стимулировать прежде всего неврологические отклонения в состоянии здоровья. Общая клиническая картина проявления действия МП может выражаться в виде вегето-сенситивного полиневрита, астено-вегетативного синдрома или их сочетаний. Центральное место в обоих синдромах отводят функциональным сосудистым или сердечно-сосудистым изменениям.

Оценивая влияние МП, весьма сложно интерпретировать плотность индуцированного тока как функцию плотности магнитного потока. Тем не менее, по степени наибольшего риска возможны эффекты, зависящие от величины индуцированного тока, на которую влияют изменения тех или иных параметров МП, что и представлено в таблице 9. Одним из эффектов, достаточно хорошо изученных при действии, МП является магнитофосфен, который проявляется как мигающий свет в глазах. В момент прекращения воздействия эти ощущения сразу пропадают. Принято считать, что они являются результатом непрямого действия на зрительный анализатор наведенных электрических токов.

**Таблица 9**

**Вероятностные биологические эффекты, вызываемые МП в зависимости от величины плотности магнитного потока и соответствующих величин индуцированного тока.**

<b>Величина воздействующей плотности магнитного потока, Тл</b>	<b>Величина индуцированной плотности тока, мА/ч</b>	<b>Прогнозируемые эффекты</b>
0,5 – 5,0	1 – 10	Минимальные биологические эффекты
5,0 – 50,0	10 – 100	Эффекты со стороны органов зрения в нервной системы
50,0 – 500,0	100 – 1000	Существует опасность для здоровья: стимуляция возбудимой ткани
> 500,0	> 1000,0	Острое нарушение состояния здоровья, экстрасистолия и фибрилляция желудочков

#### 4.5. Обеспечение экологической безопасности воздействия МП

Методы, направленные на обеспечение экологической безопасности, заключаются в том, чтобы свести к минимуму не обусловленное необходимостью воздействие высокоинтенсивных полей. Для населения это прежде всего защита "расстоянием" и ограничение доступа в места с высокой напряженностью.

### 5. Электрический ток

#### 5.1. Источники

Исходя из структурного анализа непромышленного электротравматизма, половина его приходится на объекты предприятий различных отраслей народного хозяйства (потребителей) и половина на установки бытового назначения в жилых, коммунальных и общественных зданиях.

#### 5.2. Нормативы, методы измерения, аппаратура

Основными нормируемыми величинами электрического тока являются значения напряжений прикосновения ( $U$ , В) и токи ( $I$  мА) для людей при взаимодействии их с электроустановками как бытового, так и промышленного назначения. Нормативы даются при установлении путей тока от одной руки к другой и от руки к ноге.

В таблице 10 представлены наибольшие значения напряжений прикосновения и токов, протекающих при нормальном (неаварийном) режиме электроустановок промышленного и бытового назначения при продолжительности воздействия не более 10 минут в сутки, установленные, исходя из реакции ощущения. При этом температура воздуха не должна быть более  $25^{\circ}\text{C}$ , а относительная влажность - более 75%; при увеличении этих климатических показателей нормируемые величины тока уменьшаются в 3 раза.

*Таблица 10*

**Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, при нормальном (неаварийном) режиме электроустановок**

Род тока	U, В	I, Ма
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

В таблице 11 представлены максимальные значения электрического тока при аварийном режиме производственных установок напряжением до 1кВ с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1 кВ с изолированной нейтралью при продолжительности воздействия токов, протекающих через тело, более 1 с, которые соответствуют отпускающим (переменным) и неболевым (постоянным) токам. Значения тока 50 Гц при аварийном режиме

производственных установок напряжением выше 1 кВ с глухим заземлением нейтрали соответствуют данным таблицы 12. При аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1 кВ предельно допустимые значения тока 50 Гц представлены в таблице 13.



Таблица 11

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжением до 1 кВ с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1 кВ с изолированной нейтралью

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значение тока, при продолжительности воздействия t, с:											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	свыше 0,1
Переменный, 50 Гц	V, В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I, мА	650	400	190	160	140	125	104	90	75	65	50	6
Переменный, 400 Гц	V, В	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36
	I, мА	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	8
Постоянный	V, В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I, мА	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	15
Выпрямленный двухполупериодный	V <sub>ампл.</sub> , В	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
	I <sub>ампл.</sub> , мА	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	-
Выпрямленный однополупериодный	V <sub>ампл.</sub> , В	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-
	I <sub>ампл.</sub> , мА	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	-

Таблица 12

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения при аварийном режиме электроустановок с частотой 50 Гц, напряжением 1 кВ с глухим заземлением нейтрали

Продолжительность воздействия, с	до 0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	свыше 1,0
Предельно допустимое значение напряжения прикосновения, В	500	400	200	130	100	65

Таблица 13

Предельно допустимые значения напряжений прикосновений и токов при аварийном режиме бытовых электроустановок напряжением до 1 кВ и частотой 50 Гц

Продолжительность воздействия, с	от 0,01 до 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	свыше 1,0
Нормируемая В величина, мА	220 220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	

**Действие электрического тока на организм человека**

<b>Виды действия электрического тока</b>	<b>Виды электротравм</b>		<b>Клинические проявления действия электрического тока</b>		
Термическое. Электрическое. Биологическое.	Местные электротравмы	Электрический ожог (60-65%) от всех электротравм	Токовый ожог (контактный)	Ожоги I и II степени кожи в месте контакта тела с токоведущей частью. Возникают при электроустановках напряжением не выше 1-2 кВ.	
			Дуговой ожог	Ожоги кожи III и IV степени: могут быть ожоги с выгоранием ткани на большую глубину. Возникают при электрической дуге в сетях с напряжением выше 1-2 кВ.	
		Электрические знаки: знаки тока; электрические метки (19-21% от всех электротравм)			Появление пятен серого или желто-серого цвета на коже в месте прикосновения с токоведущими частями; иногда электрические знаки имеют вид царапин, бородавок, мо-золей.
		Металлизация кожи у (10% пострадавших)			Проникновение металлических включений в кожу в мес-тах контакта с электрической дугой, сопровождающееся болью за счет ожога и напряжения кожного покрова.
	Механические повреждения (редко)			Разрывы кожи, сосудов, нервных волокон, вывихи за счет произвольных сокращений мышц под действие тока.	
	Электрический удар	I степень			Судорожные сокращения мышц без потери сознания. Ра-бота сердца и дыхание сохранены.
		II степень			Судорожные сокращения мышц с потерей сознания. Ра-бота сердца и дыхание сохранены.
		III степень			Потеря сознания: нарушена деятельность сердца, либо нарушено дыхание.
IV степень				Клиническая смерть; Прекращена работа	

Виды действия электрического тока	Виды электротравм		Клинические проявления действия электрического тока	
			отсутствие дыхания и работы сердца; зрачки расширены, не реагируют на свет.	сердца (прямое действие тока на мышцу сердца), фибрилляция мышцы сердца (совпадение действия тока с Т-фазой работы сердца). Прекращение дыхания, паралич (прямое или рефлекторное действие тока на мышцы грудной клетки). Электрический шок (тяжелая нервно-рефлекторная реакция, сопровождающаяся расстройством кровообращения, дыхания, обмена веществ).

### 5.3. Реакция организма человека на воздействие электрического тока

Действие ЭТ на организм человека обусловлено прикосновением к токоведущим частям и, как следствие, протеканием тока по всему телу. Обычно это прикосновение является случайным, непреднамеренным. Протекая по телу, ЭТ может поражать внутренние органы, ткани, вызывая термическое, электролитическое и биологическое действие. По локализации поражающего действия ЭТ различают местные электротравмы (внешнее действие) и электрический удар (внутреннее действие). Клиническое проявление действия ЭТ на организм человека представлено в таблице 18. Исход поражения в основном определяется значением ЭТ, характером его пути в теле, длительностью воздействия, частотой тока и индивидуальными особенностями человека. Так, например, человек начинает ощущать воздействующий на него ток при его значении, равном 1 мА и плотности  $0,1-1 \text{ мА/см}^2$ ; двигательные расстройства - при 10 мА и плотности тока  $0,1-1 \text{ мА/см}^2$ ; фибрилляция желудочков сердца возникает при токе 100 мА и плотности тока около  $1 \text{ мА/см}^2$ .

### 5.4. Средства обеспечения экологической безопасности от действия ЭТ

К средствам обеспечения экологической безопасности населения от поражающего действия ЭТ относятся в основном коллективные средства защиты. Они должны устанавливаться с учетом электротехнических характеристик установок, способов их электроснабжения, условий эксплуатации, возможности приближения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, и т.д. Основным показателем защиты диэлектриком является сопротивление изоляции. Как правило, значения необходимого сопротивления изложены в нормирующих документах по изготовлению того или иного защитного изолирующего изделия или материала. Очень эффективным является применение защитного заземления и зануления, обеспечивающих защиту людей от поражения ЭТ при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. Первое выполняется за счет соединения металлических частей электроустановок с «землей» или ее эквивалентом, второе – с заземленной точкой источника питания при помощи нулевого защитного проводника. В ряде случаев применяется так называемое защитное отключение, основанное на автоматическом отключении электроустановки, если на нетоковедущих частях появляется напряжение и возникает опасность поражения током. Существующие устройства защитного отключения позволяют проводить быстрое отключение за  $0,03-0,1 \text{ с}$  при различной чувствительности от единиц до сотен мА. Для предотвращения ошибочных действий персонала, могущих привести к поражению ЭТ, в ряде случаев применяются сигнально-блокировочные устройства. Они также могут выполнять функцию предупреждения на приближение людей и механизмов на недопустимое расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением. При работе в ряде особо опасных помещений целесообразно переходить на пользование источниками и электроприемниками малого напряжения (ниже 42 В), в том числе и на применение ограничителей напряжения.

Индивидуальные средства защиты применяются в основном персоналом производств с повышенной опасностью поражающего действия ЭТ.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.	3
1. Физические факторы электромагнитной природы.	4
2. Электрические поля промышленной частоты.	23
3. Электростатические поля.	26
4. Магнитные поля.	27
5. Электрический ток.	30

*Владимир Николаевич БОРТНОВСКИЙ*  
*Владимир Васильевич УСОВ*

## **Экологические основы электромагнитной безопасности**

Учебное пособие

Редактор В.Н. Бортновский  
Технический редактор Ю.И. Злотников

Компьютерная верстка: Ю.И. Злотников

Подписано в печать: 06.06.2008  
Формат бумаги 60x86 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская №1.  
Усл. печ. л. 1,1 Учебн. – изд. л. 1. Тираж 300 экз. Заказ №

Гомельский областной комитет природных ресурсов и охраны окружающей  
среды  
Гомельский государственный медицинский университет  
246000, г. Гомель, ул. Ланге, 5