

Федеральное медико-биологическое агентство
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИМ. А.И. БУРНАЗЯНА
Институт последипломного профессионального образования

О.А. Григорьев, А.В. Меркулов

Сотовая радиосвязь как гигиенически значимый источник электромагнитного поля

*Учебно-методическое пособие
по курсу тематического усовершенствования
"Гигиена неионизирующих излучений"*

*под редакцией доктора медицинских наук, профессора А.Ю. Бушманова,
заведующего кафедрой медицины труда, гигиены и профпатологии*

Москва – 2012

УДК 614.875
ББК 28.08
Г83

Рецензенты:

доктор медицинских наук, профессор *Ю.Г. Григорьев*
доктор биологических наук, профессор *С.Н. Лукьянова*

Г83 **Сотовая** радиосвязь как гигиенически значимый источник электромагнитного поля: Учебно-методическое пособие / О.А. Григорьев, А.В. Меркулов / Под ред. А.Ю. Бушманова. – М.: Изд-во ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2012. — 72 с.

ISBN 978-5-9900350-6-5

Учебно-методическое пособие предназначено для слушателей курса "Гигиена неионизирующих излучений", читаемого авторами на кафедре медицины труда, гигиены и профпатологии Института последипломного профессионального образования ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, специалистов в области гигиены и экологии, а также для всех интересующихся проблемой.

Издание выпускается согласно решению кафедры медицины труда, гигиены и профпатологии Института последипломного профессионального образования ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (протокол № 2 от 21 февраля 2012 г.) и секции Ученого совета отдела неионизирующих излучений ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (протокол № 2 от 15 февраля 2012 г.).

УДК 614.875
ББК 28.08

ISBN 978-5-9900350-6-5

Содержание

Предисловие	5
Введение	7
1. История развития сотовой радиосвязи	9
2. Стандарты сотовой радиосвязи.....	11
3. Санитарно-эпидемиологическое нормирование ЭМП РЧ, создаваемого элементами сотовой радиосвязи	14
4. Базовые станции сотовой радиосвязи как объект санитарно-эпидемиологического надзора.....	20
4.1. Общая характеристика источника.....	20
4.2. Характеристика ЭМО, формируемой БС	22
5. Методология проведения санитарно-эпидемиологических исследований электромагнитной обстановки на территориях, прилегающих к базовым станциям сотовой радиосвязи	30
5.1. Подготовка к проведению инструментального контроля	31
5.2. Проведение инструментального контроля	32
5.3. Оформление результатов инструментального контроля.....	34
5.4. Примеры проведения инструментального контроля электромагнитной обстановки на территориях, прилегающих к БС.....	35
6. Абонентские терминалы сотовой радиосвязи как объект санитарно-эпидемиологического контроля	43
6.1. Концепция и методология дозиметрической оценки воздействия по интенсивности падающего ЭМП РЧ (по СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03)	45
6.2. Концепция и методология дозиметрической оценки воздействия по величине мощности поглощенной дозы (по рекомендациям Института инженеров электротехники и электроники и Международной электротехнической комиссии)...	50
Заключение.....	61
Список сокращений.....	62
Вопросы для самоконтроля	63
Литература.....	67
Сведения об авторах.....	73
Благодарности.....	73

Предисловие

Первая в нашей стране серия исследований биологического действия переменного электромагнитного поля была начата профессором В.Я. Данилевским в 1895 г., фактически одновременно с изобретением А.С. Поповым беспроводного телеграфа. В дальнейшем, более 50 лет подобные работы носили скорее академический характер до того момента, когда возможности техники позволили массово использовать электромагнитную энергию.

Прежде всего, с необходимостью гигиенической оценки условий труда и разработки соответствующих нормативов при электромагнитном воздействии столкнулись при использовании генераторов в оборонной промышленности и в радиосвязи в начале 50-х гг. XX века. Для решения этой проблемы был проведен цикл исследовательских работ, который позволил в 1958 г. ввести первые в нашей стране научно обоснованные регламенты электромагнитного поля радиочастотного диапазона в производственных условиях, а еще через 10 лет были разработаны первые отечественные нормативы для населения.

К концу 1980-х гг., благодаря работе коллективов ряда институтов Минздрава СССР, Минздрава УССР и Академии медицинских наук СССР, был разработан комплекс санитарно-эпидемиологических норм по электромагнитной безопасности, позволяющий достаточно надежно обеспечивать здоровье населения и работающих в условиях контакта практически со всеми возможными источниками поля, включая теле-радиопередатчики, радиолокационные станции, воздушные линии электропередачи, а также все существовавшие на тот момент виды радиосвязи, в том числе подвижной. В этой работе важнейшую роль играл коллектив Ордена Ленина Института биофизики Минздрава СССР, который, согласно распоряжению Совета Министров СССР от 3 декабря 1982 г. № 2446р, являлся одним из головным разработчиков системы гигиенического нормирования электромагнитного поля. В настоящее время правопреемником Института биофизики является Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, созданный на его основе и вобравший лучшие научные и педагогические кадры радиобиологов, физиков и гигиенистов.

В настоящее время проблема вредного действия электромагнитного поля радиочастотного диапазона на человека и экосистемы приобрела исключительно важное медико-биологическое и социальное значение. Её актуальность обусловлена, в первую очередь, стремительным развитием новых телекоммуникационных и информационных технологий, использующих этот физический феномен, которые прочно входят в нашу повседневную жизнь.

Широкое внедрение систем подвижной, прежде всего сотовой, радиосвязи, которое началось около 15–20 лет назад, поставило перед нами новые научные и практические задачи, вызванные коренным изменением условий контакта населения с источниками электромагнитного поля и

модификацией состояния электромагнитной обстановки. Особенность вновь возникшего фактора заключается в том, что, во-первых, базовые станции сотовой радиосвязи сформировали постоянный и повсеместный электромагнитный фон в диапазоне частот от 400 до 3000 МГц, создав условия для медленного, но неизбежного накопления суммарной энергетической экспозиции всем населением. Во-вторых, при использовании абонентского терминала сотовой связи – сотового телефона – часть электромагнитной энергии обязательно поглощается тканями тела человека. Особое внимание вызывает то, что энергия поля поглощается тканями головного мозга, тогда как еще со времен первых исследований конца XIX века известно, что именно ткани нервной системы непосредственно воспринимают электромагнитное поле и реагируют на него в зависимости от параметров воздействия.

Настоящее учебно-методическое пособие основано, с одной стороны, на результатах собственных научно-исследовательских работ, выполненных авторами на базе ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, с другой стороны, использует материалы коллег-членов Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, Центра электромагнитной безопасности, НИИ медицины труда РАМН, фонда ITIS (Швейцария) и др. Важным дополнением послужили материалы международного электромагнитного проекта Всемирной организации здравоохранения, с которым мы активно сотрудничаем уже более 15 лет. Обобщающие данные по состоянию электромагнитной обстановки вблизи базовых станций, по методологии проведения измерений, по динамике изменения электромагнитной обстановки были введены авторами этого издания в научный оборот впервые в нашей стране, они регулярно обновляются и представляются на международных научных конгрессах, являются признанными в среде специалистов разных стран. Проблема оценки электромагнитного поля, создаваемого абонентскими терминалами, является предметом непрерывных научных исследований, в том числе в рамках научно-исследовательских работ, выполняемых нами по государственному заказу и, хотя её нельзя считать завершённой, некоторое количество материала, позволяющее понимать суть практической работы, также представлено в этом издании.

Сотовая радиосвязь – это социально-экономический феномен нашего времени. Наличие возможности использовать сотовый телефон стало синонимом причастности к современной цивилизации. Финансовые потоки, генерируемые индустрией телекоммуникаций, играют заметную роль в экономике нашей страны и всего мира. Поэтому задача отечественных радиобиологов и гигиенистов – обеспечить устойчивый баланс между развитием современных технологий и задачами национального здравоохранения.

Доктор медицинских наук, профессор А.Ю. Бушманов

Введение

В настоящее время популяция *Homo sapiens* проживает в принципиально новой антропогенной среде обитания, которой прежде не было за весь период эволюции. За счет повсеместного массового внедрения технологий, использующих электрический ток, в окружающей среде сформировалась уникальная электромагнитная обстановка (далее – ЭМО).

Одним из наиболее распространенных источников электромагнитного поля радиочастотного диапазона (далее – ЭМП РЧ) стали систем подвижной, прежде всего сотовой, радиосвязи, для которых характерно:

- хроническое общее (тотальное) облучение сложноорганизованным модулированным многочастотным ЭМП РЧ, создаваемым базовыми станциями систем подвижной радиосвязи (далее – БС);
- ежедневное, в течение всей жизни, начиная с детского возраста, повторяющееся облучение головного мозга и рецепторных аппаратов вестибулярного и слухового анализаторов ЭМП РЧ, источником которого служит абонентский терминал (далее – АТ), например, сотовый радиотелефон.

В результате происходит тотальный контакт представителей всех групп населения с источниками ЭМП РЧ в неконтролируемых условиях воздействия. Для человека это новый и значимый тип экспозиции ЭМП РЧ, как по накоплению дозы, так и по локализации воздействия в связи с облучением головного мозга.

На сегодняшний день развитие и технические возможности подвижной связи перешагнули потребности людей делать простые телефонные звонки – промышленность и политики планируют массовое развитие технологий подвижного широкополосного доступа. По мнению Международного телекоммуникационного союза, "широкополосная связь представляет собой следующий переломный момент, следующую технологию действительно преобразующего характера. Она может создавать рабочие места, служить движущей силой развития и повышения производительности, а также лежать в основе экономической конкурентоспособности в долгосрочной перспективе". Этот тезис международного координатора в области развития связи подчеркивает серьезность перспектив многолетнего использования подвижной

радиосвязи и показывает устойчивость тренда на дальнейшее усложнение ЭМО в окружающей среде, вызванного количественным увеличением источников и усложнением режима их работы, что уже привело к качественным изменениям в условиях индивидуальной экспозиции населения ЭМП РЧ.

Всемирная организация здравоохранения (далее – ВОЗ) в 2010 г. еще раз сформулировала свою позицию по данной проблеме следующим образом: "В связи с большим числом пользователей мобильных телефонов, важно исследовать, понимать и контролировать их потенциальную возможность воздействовать на здоровье людей". Крайне важное решение приняло в мае 2011 г. Международное агентство по исследованию рака (далее – МАИР). Это компетентная и уполномоченная структура ВОЗ вынесла заключение о том, что ЭМП РЧ, создаваемое в том числе АТ сотовой радиосвязи, возможно, является канцерогенным для человека, что дало основание отнести этот фактор к классу канцерогенной опасности 2В. Доктор Дж. Самет (Университет Южной Калифорнии, США), председатель рабочей группы, отметил, что "хотя по-прежнему идет процесс накопления данных, имеющиеся доказательства достаточно сильные, чтобы поддержать вывод и классификацию 2В. Данный вывод означает, что имеется риск (пока еще неопределенно ясный), и поэтому мы должны внимательно изучать связь между сотовыми телефонами и риском развития рака". По мнению директора МАИР К. Вилда, учитывая потенциальные последствия этой классификации и выводов рабочей группы важно, чтобы проводились дополнительные исследования для условий длительного и интенсивного использования сотовых радиотелефонов. Решение МАИР поставило перед обществом социальные и этические проблемы, а перед учеными – необходимость определения степени риска активного использования подвижной радиосвязи для населения.

Сотовая радиосвязь включает наиболее многочисленную группу источников ЭМП РЧ среди прочих систем подвижной телекоммуникации, разнообразную как по характеру генерируемого поля, так и по условиям формирования экспозиции. Поскольку ЭМП РЧ относится к вредным физическим факторам воздействия, нормируемым как для населения, так и для работающих, излучающее оборудование сотовой радиосвязи должно подлежать обязательному санитарно-эпидемиологическому надзору. Элементы систем сотовой радиосвязи – БС и АТ, – являются сегодня основным фактором электромагнитной нагрузки на всю популяцию населения, условия воздействия являются практически неконтролируемыми, а биологическое действие такого рода поля недостаточно изучено. Поэтому в настоящем издании будет уделено особое внимание изложению научно-теоретических основ санитарно-эпидемиологической оценки сотовой радиосвязи как источника ЭМП РЧ.

1. История развития сотовой радиосвязи

Исторически подвижная радиосвязь с момента создания и до 1970-х гг. ассоциировалась с автомобилем: еще в 1901 г. Г. Маркони установил приемопередатчик на автомобиле и провел первый сеанс радиосвязи "на ходу". Коммерческое использование подвижной голосовой радиосвязи началось в 1946 г. в США, радиотелефоны также устанавливались на автомобили и использовали фиксированные каналы связи, а с 1948 г. начала действовать первая автоматическая служба радиотелефонии. В нашей стране первая система подвижной радиосвязи "Алтай" была разработана в 1959–62 гг. Воронежским НИИ связи и с 1963 г. размещалась на автомобилях. Она имела радиально-зональную сеть организации, размеры "соты" могли достигать десятков километров. Система "Алтай" просуществовала практически до 1990-х гг., пережив несколько технических модернизаций, но идея персонального носимого радиотелефона в СССР не рассматривалась.

Идея сотовой организации подвижной связи возникла в 1947 г. в компании "Bell Laboratories". Именно тогда четко определилась современная структура построения такой системы, включающая два основных типа функциональных источников ЭМП РЧ – это БС, построенные по "сотовому принципу" территориального размещения, и АТ.

Однако больше четверти века эта идея не была реализована в качестве массовой технологии. И только 3 апреля 1973 г. в Нью-Йорке была испытана первая БС, которая могла обслуживать 30 абонентов и соединять их с наземными линиями связи. Эта станция, как и первый действительно мобильный телефон, весом чуть более килограмма, но уже пригодный для использования без автомобиля, были разработаны компанией "Motorola". С 1978 г. в Чикаго началась опытная эксплуатация сотовой сети стандарта AMPS (Advanced Mobile Phone Service), в тот момент вся территория города покрывалась десятью базовыми станциями, однако ее коммерческая эксплуатация была начата только в 1983 г. Сети стандарта сотовой связи NMT-450 (Nordic Mobile Telephone System) начали работать в скандинавских странах и на Ближнем Востоке с 1981 г.

Второе поколение стандартов сотовой радиосвязи началось со стандарта GSM (Global System for Mobile Communications), который начал разрабатываться европейским консорциумом в 1982 г., а первая коммерческая сеть этого стандарта вступила в эксплуатацию в 1992 г. в Финляндии.

Стандарт CDMA (Code Division Multiple Access), принятый в 1993 г., использует принципиально новую технологию кодировки сигнала, основанную на технологии шумоподобных сигналов и кодовом разделении каналов, позволяя передавать большие объемы данных, тем самым задав вектор направления развития стандартов третьего поколения. Все вышеперечисленные стандарты использовались или используются в России. Первым отечественным коммерческим оператором сотовой радиосвязи стала в 1991 г. компания "Delta Telecom" в Санкт-Петербурге,

она использовала сеть стандарта NMT-450. В Москве первая компания сотовой связи "ВымпелКом" начала эксплуатацию сети стандарта AMPS в 1992 г.

По данным Международного союза электросвязи, в настоящее время 90 % населения мира имеют доступ к сетям подвижной радиосвязи, а значит, проживают на территориях, "покрытых" ЭМП РЧ, создаваемым БС. Численность подписчиков услуг сотовой радиосвязи (владельцев SIM-карт) перешагнуло за 5,5 миллиардов человек в мире.



Источник: ITU World Telecommunication /ICT Indicators database

Рисунок 1 – Рост числа абонентов сотовой радиосвязи в мире (источник: Международный телекоммуникационный союз, 2011 г.)



Источник: ITU World Telecommunication

Рисунок 2 – Рост числа абонентов сотовой радиосвязи в России (источник: Международный телекоммуникационный союз, 2011 г.)

В России количество подписчиков сотовой радиосвязи в мае 2011 г. составило 222 млн. 140 тыс., то есть уровень ее проникновения составил

153 %, при этом проникновение в Москве составило 207,4 %, в Санкт-Петербурге соответственно 205,3 %, в регионах Российской Федерации – 142,7 % (источник: Advanced Communications & Media, 2011 г.). Очевидно, что каждый подписчик сотовой радиосвязи использует свой АТ – сотовый радиотелефон.

2. Стандарты сотовой радиосвязи

Согласно Таблице распределения полос частот между радиослужбами Российской Федерации к использованию предназначен весь спектр радиочастот в диапазоне от 9 кГц до 275 ГГц. Для систем сотовой радиосвязи выделен ряд поддиапазонов от 435 до 2170 МГц, которые, в отличие от поддиапазонов, занятых другими службами, используется чрезвычайно плотно. Конкретные данные по распределению частот по данным Главного радиочастотного центра по состоянию на 2011 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение частот сухопутной подвижной радиослужбы применительно к системам сотовой радиосвязи

Система	Наименование стандарта сотовой радиосвязи	Рабочий диапазон частот, МГц
Узкополосные системы сотовой радиосвязи	NMT-450	453–457,5/463–467,5
	AMPS/D-AMPS	824–828/869–873 831–834/876–879
	AMPS	828–831/873–876 (г. Москва)
Среднеполосные системы сотовой радиосвязи	R-GSM	876–880/921–925
	E-GSM	880–890/925–935
	GSM-900/1800	890–915/935–960 1710–1785/1805–1880
Широкополосные системы сотовой радиосвязи	CDMA-450	453–457,4/463–467,4
	UMTS	1935–1980/2125–2170 2010–2025
	CDMA-2000	1920–1980/2110–2170

ЭМП РЧ, создаваемое объектами сотовой радиосвязи, сложно модулировано. Рабочая полоса частот и вид модуляции зависят от технического стандарта систем сотовой радиосвязи. Стандарты первого-второго поколений были предназначены преимущественно для передачи голосовых данных. Основные характеристики оборудования этих стандартов приведены в таблице 2.

В последние годы системы сотовой радиосвязи в значительной мере ориентированы на широкополосную передачу данных, что отражается в усложнении способа организации сигнала, и, соответственно, возрастает роль модуляции в развитии биологического эффекта ЭМП РЧ.

Таблица 2 – Основные характеристики стандартов первого-второго поколения стандартов сотовой радиосвязи

Наименование и характеристики стандарта	NMT-450 (аналогов.)	AMPS (аналогов.)	D-AMPS (цифровой)	GSM-900 (цифровой)	GSM-1800 (цифровой)
Диапазон частот, МГц:					
БС	463–467,5	869–879	869–879	925–965	1805–1880
АТ	453–457,5	824–834	824–834	890–915	1710–1785
Максимальная излучаемая мощность БС, Вт	50	100	100	100	50
Максимальная излучаемая мощность АТ, Вт	1	0,6	0,8	2	1
Радиус соты, км	1 – 40	2 – 20	0,5 – 20	0,5 – 35	0,5 – 35

К системам переходного поколения техники между "широкополосными" и "голосовыми" системами сотовой радиосвязи относится технология GPRS (General Packet Radio Service – система пакетной радиосвязи общего пользования), которая фактически использует аппаратную часть стандарта GSM, обеспечивая его эффективную эксплуатацию. При использовании GPRS в сетях GSM информация собирается в пакеты и передается через свободные в данный момент голосовые каналы, что обеспечивает достаточно высокие скорости передачи данных. При этом средняя выходная мощность абонентского терминала возрастает, но она не может превышать максимальную выходную мощность, определенную стандартом GSM.

Все последующие поколения стандартов сотовой радиосвязи ориентированы на организацию широкополосной передачи данных. К системам третьего поколения относят стандарты CDMA и UMTS.

Стандарт связи CDMA (Code Division Multiple Access – множественный доступ с кодовым разделением) работает в диапазоне 1900–2100 МГц. Он использует технологию распределения сигнала в широкой полосе частот, это отличает стандарт CDMA от других технологий радиосвязи, в которых имеющийся частотный спектр разбивается на узкополосные каналы и временные интервалы. В конечном счете, это позволяет сократить удельную мощность излучения АТ по сравнению с другими стандартами. Максимальная излучаемая мощность абонентского терминала составляет 250 мВт.

Стандарт связи UMTS (Universal Mobile Telecommunications System – универсальная мобильная телекоммуникационная система) – использует диапазон частот стандарта является от 1710 до 2170 МГц в зависимости от региона. Максимальная мощность абонентского терминала – 1,99 Вт. Использует технологию W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access

– широкополосный множественный доступ с кодовым разделением) использует две широкие полосы радиочастот по 5 МГц.

Наиболее современные на сегодняшний день протоколы широкополосного беспроводного радиодоступа – это WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access – технология широкополосного доступа в микроволновом диапазоне) и LTE (англ. Long Term Evolution – долгосрочное развитие сетей связи). Условно они относятся к четвертому поколению беспроводной радиосвязи. В России сети Mobile WiMAX работают в диапазоне частот 2500–2700 МГц. Этот стандарт связи предназначен в первую очередь для беспроводной передачи данных, что задает особенности их эксплуатации.

Производителями средств связи наиболее перспективным для развития признан стандарт LTE, который в нашей стране будет использовать диапазон частот 2630–2660 МГц. В принципе, сети этого стандарта могут быть развернуты в диапазоне от 450 МГц до 5 ГГц и использовать инфраструктуру существующих сетей (Parkvall, Astely, 2009). Для реализации LTE могут быть использованы различные частотные полосы от 1,4 МГц до 20 МГц, а также различные технологии разделения сигнала – FDD (частотное) и TDD (временное). Радиус действия БС стандарта LTE может быть различным в зависимости от мощности и используемых частот. Считается, что наиболее вероятным будет размещение БС с расчетным радиусом действия порядка 5 км, но при необходимости дальность действия может достигать 100 км (Baker, 2009). Для развертывания сетей этого стандарта в России планируется использовать 20810 базовых станций (Хасьянова, 2011). Стандарт поддерживает как широкополосную передачу данных, так и голосовые звонки, а версия стандарта LTE-Advanced признана Международным союзом электросвязи стандартом сотовой связи четвертого поколения. Поэтому в перспективе следует ожидать массовое появление АТ, работающих именно в этом стандарте связи. Всего стандарт предусматривает 5 классов АТ, которые ориентированы на передачу в основном голоса, только данных и их сочетаний. Кроме АТ, стандарт LTE будут поддерживать USB-донглы, Wi-Fi роутеры, ноутбуки и планшетные компьютеры. По данным Форума UMTS предполагается, что к 2015 г. общий доход операторов сетей связи стандарта LTE составит \$150 млрд. (~15 % доходов мирового рынка услуг сотовой радиосвязи), а число их абонентов по всему миру превысит 400 млн. человек.

Современные АТ в состоянии поддерживать несколько стандартов радиосвязи. Кроме того, они обычно поддерживают дополнительные протоколы связи, позволяющие беспроводным образом интегрировать периферийное оборудование или создать локальную микросеть. Стандарт связи Bluetooth интегрирует, в частности, в единую систему АТ и беспроводную гарнитуру "hands free" ("свободные руки"). Он работает в диапазоне частот 2400–2483,5 МГц. В устройствах Bluetooth применяется метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS, Frequency

Hopping Spread Spectrum). Особенности стандарта: использование временного разделения каналов, широкополосные псевдослучайные сигналы и скачкообразную перестройку частоты в рабочем диапазоне. Всего выделяется 79 рабочих частот шириной в 1 МГц, последовательность переключения между частотами для каждого соединения задают непосредственно передатчик и приёмник, которые в каждый временной слот (625 мкс) синхронно изменяют несущую частоту. Устройства могут иметь максимальную выходную мощность до 100 мВт.

Практически все современные АТ поддерживают технологию Wi-Fi (Wireless Fidelity), которая позволяет им интегрироваться в беспроводные высокоскоростные сети, используя диапазоны частот 2400–2473 МГц и 5150–5825 МГц. Выходная мощность устройств Wi-Fi до 100 мВт, что обеспечивает сравнительно небольшой радиус действия сети.

Современные АТ могут одновременно работать в нескольких стандартах радиосвязи для интеграции в различных сетях и выполнения различных задач, что существенно усложняет частотно-временные и энергетические характеристики электромагнитной экспозиции пользователя.

3. Санитарно-эпидемиологическое нормирование ЭМП РЧ, создаваемого элементами сотовой радиосвязи

В настоящее время базовым документом для проведения санитарно-эпидемиологической оценки и надзора за объектами сотовой радиосвязи как за источниками ЭМП РЧ являются СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи". Они устанавливают санитарно-эпидемиологические требования к размещению и эксплуатации средств подвижной, в том числе сотовой, радиосвязи в диапазоне частот 27–2400 МГц. Требования Санитарных правил направлены на предотвращение неблагоприятного влияния ЭМП РЧ, создаваемого БС и АТ сухопутной подвижной радиосвязи на здоровье человека. Соблюдение требований Санитарных правил является обязательным для граждан, индивидуальных предпринимателей и юридических лиц.

Санитарно-эпидемиологические требования к условиям воздействия ЭМП РЧ на персонал, обслуживающий оборудование БС и подвергающихся в процессе трудовой деятельности профессиональному воздействию ЭМП РЧ различных частотных диапазонов, при любом характере воздействия поля должны соответствовать требованиям нормативов для производственных условий. На крышах или на тех участках крыш, куда исключен доступ людей, не связанных непосредственно с обслуживанием объектов радиосвязи, также должны соблюдаться требования для условий производственных воздействий ЭМП РЧ.

Интенсивность ЭМП РЧ, создаваемые антеннами БС на территории жилой застройки, внутри жилых, общественных и производственных

помещений, не должна превышать следующих предельно допустимых уровней (далее – ПДУ), приведенных во второй строке таблицы 3. Дополнительно, значения напряженности электрического поля E промышленной частоты 50 Гц, создаваемого питающим и силовым оборудованием БС внутри жилых и общественных зданий, не должны превышать ПДУ для населения.

При размещении на опоре (кровле здания) антенн нескольких передатчиков проводится санитарно-эпидемиологическая оценка передающего радиотехнического объекта (далее – ПРТО) в целом. При одновременном облучении от нескольких источников, для которых установлены различные ПДУ, должны соблюдаться следующие условия к суммарной интенсивности воздействия (далее – СИВ):

$$\sum_{i=1}^N \left(\frac{E_i}{E_{\text{ПДУ}i}} \right)^2 + \sum_{j=1}^M \frac{P_{\text{ПЭ}j}}{P_{\text{ПЭ}j, \text{ПДУ}}} \leq 1 \quad (1)$$

где: E_i – измеренное значение напряженности электрического поля E i -го источника, В/м; $E_{\text{ПДУ}i}$ – предельно допустимое значение напряженности электрического поля E для i -го источника, В/м; $P_{\text{ПЭ}j}$ – измеренное значение плотности потока энергии $P_{\text{ПЭ}}$ j -го источника, мкВт/см²; $P_{\text{ПЭ}j, \text{ПДУ}}$ – предельно допустимое значение плотности потока энергии $P_{\text{ПЭ}}$ для j -того источника, мкВт/см².

Временные допустимые уровни (далее – ВДУ) воздействия на человека ЭМП РЧ, создаваемого АТ систем сухопутной подвижной радиосвязи (включая АТ спутниковой связи) непосредственно у головы пользователя приведены в третьей строке таблицы 3.

Таблица 3 – Значения ПДУ и ВДУ ЭМП РЧ, создаваемого объектами систем сухопутной подвижной радиосвязи, для внепроизводственных условий воздействия

Диапазон частот	27–30 МГц	30–300 МГц	300–2400 МГц
БС	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см ²
АТ	45 В/м;	15 В/м	100 мкВт/см ²

Эксплуатация АТ сухопутной подвижной радиосвязи (включая АТ спутниковой связи) допускается только при их соответствии требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов.

ПДУ, установленные СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03, фактически базируются на аналогичных значениях, приведенных во "Временных санитарных нормах и правилах защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами" ВСН № 2963–84, утвержденных в 1984 г., которые стали первым полноценным документом, регламентирующим ЭМП РЧ для населения в нашей стране. Эти нормы были разработаны на основе результатов комплексных исследований биоэффектов ЭМП РЧ, выполнявшихся в

Институте биофизики Минздрава СССР (в настоящее время ФГБУ Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России) и в Киевском институте коммунальной гигиены им. А.Н. Марзеева Минздрава УССР. В таблице 4 приведены значения ПДУ ЭМП РЧ согласно ВСН № 2963–84.

Таблица 4 – Предельно допустимые уровни ЭМП РЧ для населения (круглосуточное непрерывное воздействие) согласно ВСН № 2963–84

Границы диапазона	Предельно допустимые величины электромагнитной энергии на территории жилой застройки
30–300 кГц	25 В/м
0,3–3 МГц	15 В/м
3–30 МГц	10 В/м
30–300 МГц	3 В/м
300–3000 МГц	10 мкВт/см ²
3–30 ГГц	10 мкВт/см ²

Формально ВСН № 2963-84 были обновлены только в 1996 г., когда появились Санитарные нормы СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)". Однако этот документ полностью сохранил ПДУ, установленные для населения в предыдущих нормативах, в том числе сохранен ПДУ, равный 10 мкВт/см² для частотного диапазона 300 МГц – 300 ГГц.

Следующая по времени редакция комплекса Санитарных норм, регламентирующих ЭМП РЧ, произошла в 2003 г., когда были введены СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов" и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи". Однако, как мы и отмечали выше, ПДУ ЭМП РЧ для населения из временных санитарных норм 1984 г. перешли без изменений в эти документы. Таким образом, принципиальные и базовые величины ПДУ ЭМП РЧ для рабочего диапазона частот сотовой радиосвязи сохраняются в неизменности уже почти 30 лет.

Формально санитарно-эпидемиологическое нормирование ЭМП РЧ непосредственно для сотовой радиосвязи в России началось с 1994 г., когда был принят временный гигиенический норматив ГН 2.1.8./2.2.4.019–94 "Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ), создаваемых системами сотовой радиосвязи". Для ЭМП РЧ, создаваемого БС сотовой связи, ПДУ был принят как для обычного ПРТО и составил 10 мкВт/см².

Для абонентских терминалов, работающих в диапазоне частот 400–1200 МГц, в ГН 2.1.8./2.2.4.019–94 ПДУ был принят равным 100 мкВт/см². Учитывая, что применительно к нормированию ЭМП РЧ в ближней зоне антенны, это был первый нормативный документ, он был довольно

несовершенный, в том числе в части формализации требований к методам измерения (Суворов с соавт., 2002).

Разработчики посчитали целесообразным для обоснования ПДУ для внепроизводственных условий воздействия ЭМП РЧ "исходить из недействующего уровня, равного 250 мкВт/см²", поскольку по их данным именно это значение при ежедневном воздействии на протяжении трех месяцев может рассматриваться в качестве порога биологического действия. Поскольку эти данные были ранее получены на экспериментальных животных (мышях), то был применен принятый в тот момент метод экстраполяции, обоснованный В.Г. Тяжеловой и коллегами (1984 г.). Путем пересчета для диапазона 800–1000 МГц разработчики ВДУ приняли, что "эквивалентное поглощение энергии имеет место, когда ППЭ составляет 250 мкВт/см² для мышей и 3750 мкВт/см² для человека". Общий срок облучения человека ЭМП РЧ сотового телефона был принят равным 50 годам, на этом основании коэффициент временной экстраполяции, учитывающий соотношение продолжительности жизни мыши и человека, был принят равным 7,5. Коэффициент гигиенического запаса был выбран 5, поскольку авторы исходили из постулата, что норматив устанавливался исходя из порога биологического действия (а не порога вредного действия). Таким образом, на основании ранее полученных данных и результатов применения теоретической модели, в качестве ПДУ мобильных телефонов было установлено значение плотности потока энергии ППЭ = $(250 \times 15) / (5 \times 7,5) = 100$ мкВт/см².

Оценка продолжительности использования АТ была сделана на основе данных социологической службы "Мониторинг" – 85 % населения разговаривают менее 1 часа в сутки. Таким образом, расчетное значение энергетической экспозиции 100 мкВт·ч/см² оказывалось меньшим, чем рассчитанное по ВСН № 2963–84 для населения – 240 мкВт·ч/см². Тем не менее, предложенное значение 100 мкВт/см² было введено не в качестве ПДУ, а в качестве ВДУ, что предполагало проведение дополнительной научно-исследовательской работы по обоснованию надежности этого критерия оценки.

В период с 1998–2000 гг. были проведены комплексные исследования по обоснованию новых гигиенических нормативов для подвижной радиосвязи, завершившиеся принятием в 2003 г. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи".

Исследования включали оценку состояния сердечно-сосудистой и нервной систем человека при пользовании сотовой связью; экспериментальное изучение характера биологического действия ЭМП РЧ частотой 450, 900 и 1800 МГц, модулированного в соответствии со стандартами NMT и GSM; компьютерное моделирование поглощения электромагнитной энергии экспериментальными биообъектами; разработку методики измерения ЭМП РЧ, создаваемых АТ, для последующей санитарно-эпидемиологической оценки.

Результаты эксперимента позволили разработчикам принять в качестве порогового значения вредного действия ЭМП РЧ наименьшую из использованных в опыте величину *ППЭ*, равную 500 мкВт/см². По мнению авторов исследования, исходя из условий воздействия ЭМП РЧ, создаваемого АТ, было возможно применить коэффициент гигиенического запаса равный 5, следовательно в качестве величины временного допустимого уровня ЭМП РЧ для АТ сотовой радиосвязи была обоснована величина 100 мкВт/см².

Результаты экспериментальных исследований дважды обсуждались на заседаниях Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений (в 2000 и 2001 гг.), взявшего на себя межведомственную экспертно-консультативную функцию. Очевидно, что объем проведенных исследований был достаточно скромным и не позволил в полной мере выполнить работу в соответствии с требованиями методических рекомендаций, которые ранее успешно использовались при разработке базовых ПДУ ЭМП РЧ для населения. Поэтому полученные данные позволили обосновать только ВДУ ЭМП РЧ для АТ сотовой радиосвязи. В условиях недостаточности научных данных, РНКЗНИ рекомендовал информировать пользователей о необходимости сокращения продолжительности воздействия ЭМП РЧ от АТ и дополнительно ограничить воздействие поля на детей и подростков со стадии внутриутробного развития до 18 лет, а также лиц, использующих кардиостимуляторы и другое жизненно важное носимое или имплантируемое медицинское оборудование.

Главный государственный санитарный врач РФ, академик РАМН Г.Г. Онищенко ввел с 01 июля 2003 г. в действие СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи", в котором для АТ в качестве временного допустимого уровня ЭМП РЧ установлено значение 100 мкВт/см².

Фактически СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 подтвердил значение ВДУ ЭМП РЧ, установленное в 1994 г., не внося принципиально новых гигиенических критериев. Несомненным прогрессом этих Санитарных правил стало введение (впервые в России) методики измерений ЭМП РЧ, создаваемого АТ. Как известно, голова пользователя находится в ближней зоне антенны АТ, а прямое измерение *ППЭ* в ближней зоне антенны представляет техническую задачу, не имеющую разрешения к настоящему времени. Поэтому для нужд санитарно-эпидемиологического надзора и оценки соответствия ЭМП РЧ, создаваемого АТ, требованиям СанПиН был предложен подход, который заключается в измерении так называемого "контролируемого значения" интенсивности ЭМП РЧ на расстояниях, соответствующих зоне сформированной электромагнитной волны, "с обратным пересчетом в величины в ближней зоне" (Рубцова, Пальцев, 2006). Такой подход стал новым для российской гигиены, но он возможен для "консервативной" оценки условий облучения с точки зрения

рекомендаций Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP, 1998). Для обеспечения данного принципа контроля ЭМП РЧ при санитарно-эпидемиологической оценке были проведены расчеты, определившие расстояния от АТ до границы дальней зоны поля. Исходя из установленного ВДУ ППЭ, равного 100 мкВт/см^2 в диапазоне частот 300–2400 МГц, были рассчитаны расстояния расположения контрольной точки. Для диапазона частот от 800 до 2400 МГц расстояние равно 0,37 м. Расчетное моделирование позволило определить контролируемый уровень ППЭ, соответствующий значению ВДУ, который на этих расстояниях составил 3 мкВт/см^2 .

Особо следует подчеркнуть, что СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 впервые ввели рекомендацию максимально возможного сокращения времени пользования АТ и ограничения возможности использования их лицами, не достигшими 18 лет, женщинами в период беременности, людьми, имеющими имплантированные водители сердечного ритма.

В настоящее время в России для АТ продолжает действовать ВДУ ЭМП РЧ, введенный впервые в 1994 г. и подтвержденный СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. Введены некоторые усовершенствования методики контроля, которая более подробно описана в разделе 6.1.

Однако необходимо отметить, что решением Комиссии таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299 введены "Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору", которые применяются к подконтрольным товарам, перемещаемыми через таможенную границу. Под юрисдикцию этого документа попадают и АТ. Раздел 5.19 этого документа "Требования к уровням электромагнитных полей, создаваемых мобильными средствами связи" ввел некоторые, отличающиеся от СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03, требования, а именно для основного рабочего диапазона частот средств подвижной радиосвязи 800–2400 МГц установлен "допустимый уровень излучения при работе на максимальной мощности" равный 3 мкВт/см^2 , при этом расстояние от АТ до точки измерения на уровне антенны составляет 0,37 метра. Согласно действующей в момент подготовки монографии редакции документа, "представленные нормативы рассчитаны на период работы средства связи на передачу не более 30 минут в сутки и не распространяются на лиц, моложе 18 лет, женщин в период беременности и лиц с имплантированным водителем сердечного ритма". На наш взгляд, очевидная терминологическая ошибка в тексте цитируемого документа заменила "временный допустимый уровень" по СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03, равный 100 мкВт/см^2 на "допустимый уровень" в 30 раз более жесткий и соответствующий значению, которое в СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 являлось "контролируемым значением", и которое было введено исключительно для обеспечения возможности измерений значений ППЭ за пределами ближней зоны антенны АТ.

4. Базовые станции сотовой радиосвязи как объект санитарно-эпидемиологического надзора

4.1. Общая характеристика источника

БС сотовой радиосвязи – это стационарные ПРТО, которые излучают электромагнитную энергию в УВЧ диапазоне (300–3000 МГц) и обеспечивают связь между АТ внутри системы и с другими системами связи. Кроме того, каждая БС дополнительно оснащена комплектом приемо-передающего оборудования радиорелейной связи, работающим в СВЧ и КВЧ диапазонах (3–40 ГГц), отвечающим за интеграцию данной БС в сеть в целом.

В работе сотовой радиосвязи применяется принцип деления некоторой территории на зоны (так называемые "соты") радиусом обычно от 0,5 до 40 км, в центре или в узлах которых расположены БС, которые обслуживают АТ, находящиеся в зоне их действия. Эффективное использование выделяемого для функционирования системы частотного спектра – многократное использование одних и тех же частот, применение различных методов доступа – делает возможным обеспечение телефонной связью и широкополосным доступом значительного числа пользователей в рамках одной сети. В настоящее время получили распространение БС станции с передатчиками пониженной мощности для обеспечения качественного широкополосного доступа на локальных территориях: они формируют так называемые "микросоты" или "пикосоты".

Приемо-передающие антенны БС могут быть двух типов: направленные (секторные) с диаграммой направленности (далее – ДН), как на рисунке 3, и слабонаправленные (тип "Omni") с круговой ДН в горизонтальной плоскости, как на рисунке 4.

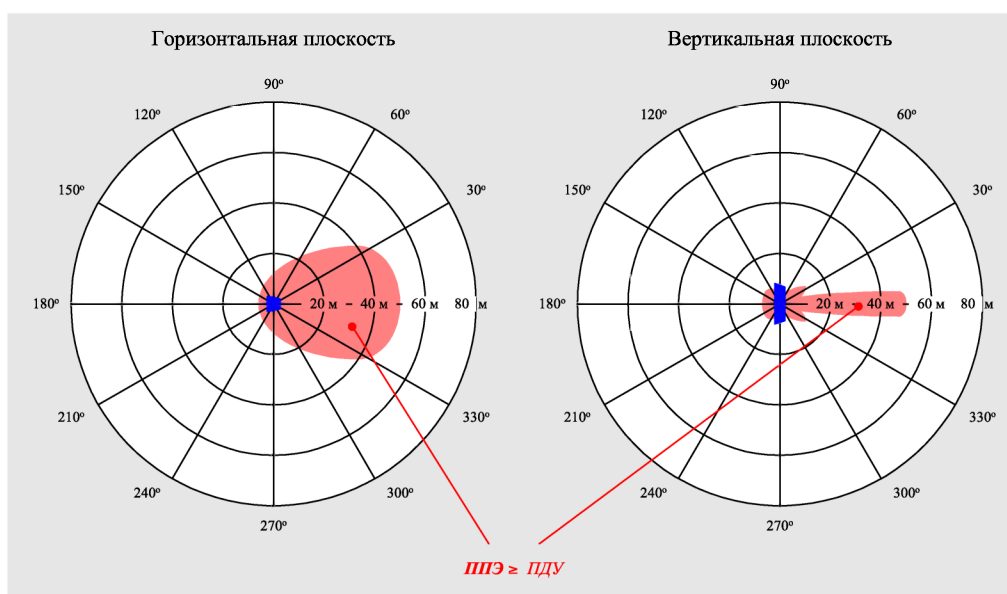


Рисунок 3 – Пример ДН направленной (секторной) антенны БС

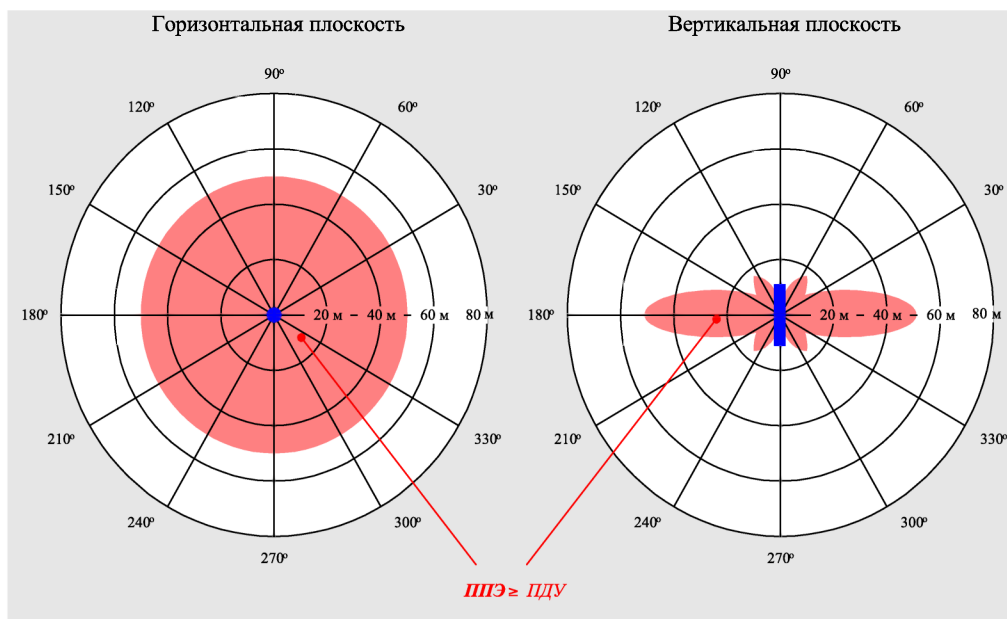


Рисунок 4 – Пример ДН антенны БС типа "Omni"

Антенны БС устанавливаются в нашей стране обычно на высоте 10–100 м от поверхности земли как на существующих постройках (зданиях различного назначения, дымовых трубах промышленных предприятий и т.п.), так и на специально сооруженных башнях и мачтах.

Мощность излучения (загрузка) БС сотовой радиосвязи явно зависит от времени суток, дня недели, времени года и др. Типичный график почасовой загрузки БС, расположенной в центре г. Москвы, приведен на рисунке 5 (Григорьев, 2002). Использование данных о загрузке БС позволяет в ходе проведения изучения или мониторинга ЭМО выбирать периоды их максимальной загрузки, которым соответствует максимальные значения ЭМП РЧ.

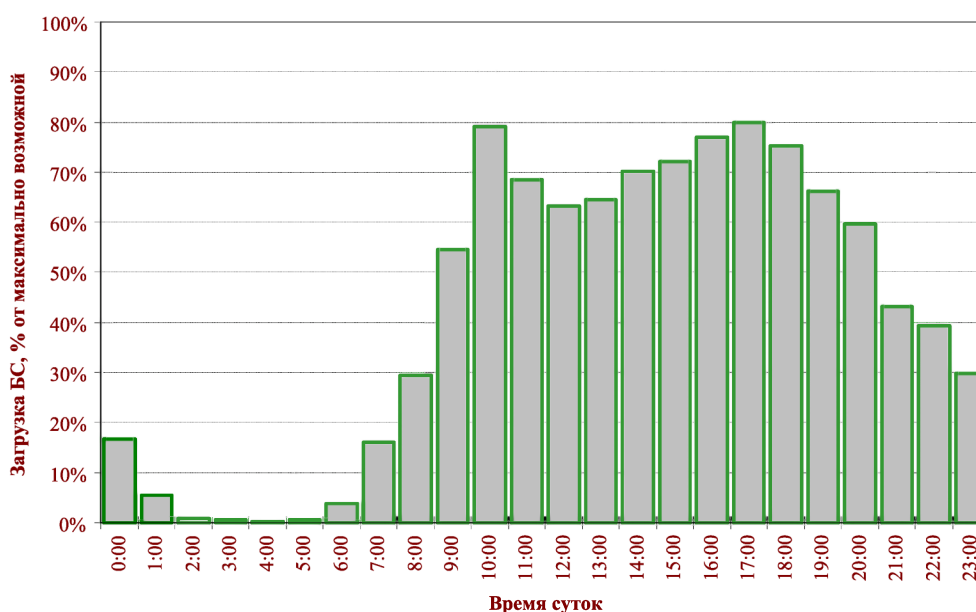


Рисунок 5 – Типичный график почасовой загрузки БС, расположенной в центре г. Москвы

К концу 2011 г. общее количество БС превысило в нашей стране 100000 шт. По своей функциональной задаче системы сотовой радиосвязи стремятся создать в меру однородное ЭМП РЧ с интенсивностью, необходимой для устойчивого функционирования системы, на всей обслуживаемой территории. Этим, а также постоянным увеличением зон покрытия, объясняется взрывообразный рост числа БС.

4.2. Характеристика ЭМО, формируемой БС

Исследования ЭМО вблизи БС проводятся в различных странах мира с середины 1990-х гг. Используются следующие методологические подходы:

- создание систем непрерывного предупредительного мониторинга;
- измерения ЭМП РЧ непосредственно вблизи локальных объектов;
- персональная дозиметрия;
- математическое моделирование ретроспективной и будущей экспозиции.

К сожалению, до настоящего момента не существует общепринятого подхода, позволяющего дать характеристику ЭМО вблизи БС и её последующую санитарно-эпидемиологическую оценку.

Рассмотрим ряд исследований, которые, используя разные методы и оборудование, позволяют достаточно детально характеризовать ЭМО БС: измерения в жилом доме под проекцией главного лепестка ДН антенны БС, измерения на селитебной территории на высоте человеческого роста и автоматический мониторинг ЭМП РЧ.

Детально измерены значения *ППЭ*, создаваемые БС стандарта GSM-900 в квартирах пятиэтажного здания в Литве, располагающегося под проекцией главного лепестка ДН антенны, располагающейся на крыше здания высотой 30 м на удалении 35 м (Baltrenas, Buckus, 2011). Такая конфигурация размещения антенн достаточно характерна для типовой жилой застройки в странах бывшего СССР. Использовался широкополосный измеритель "Narda" модели NBM-550 с изотропной *E*-антенной, позволяющей производить измерения в диапазоне частот 100 кГц – 3 ГГц. Передатчик БС имел мощность 20 Вт, режим работы – текущая загрузка. Измерения проводились на расстоянии 0,5 м от окна в помещениях первого, второго, третьего и четвертого этажей. Длительность измерений *ППЭ* на каждом этаже составляла 1 час.

Согласно приведенным авторами исследования данным, за все время измерений максимальные значения *ППЭ* не превышали контрольный уровень 10 мкВт/см², предусмотренный в национальных руководящих нормативах Литвы HN 81:2005. Диапазон измеренных значений был до 9,03 мкВт/см², при этом фиксируемые значения на первом этаже были в 5 раз ниже, чем на четвертом. На рисунке 6 приводятся результаты динамической записи значений *ППЭ* на четвертом этаже здания возле окна с видом на антенны БС, установленные на крыше дома напротив.

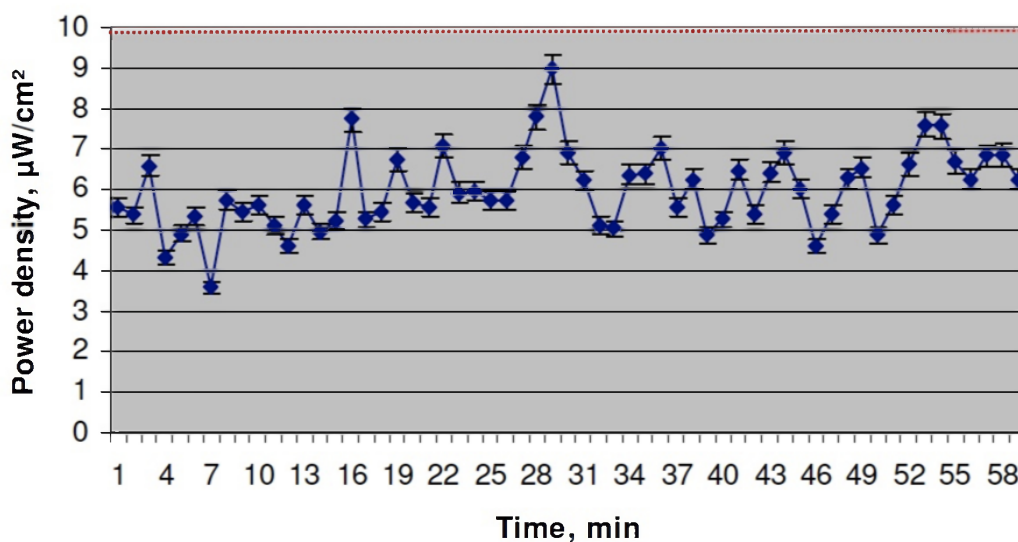


Рисунок 6 – Интенсивность ЭМП РЧ, создаваемого БС стандарта GSM-900, зафиксированная в квартире жилого дома (по данным Baltrenas, Buckus, 2011).

Ось абсцисс – время записи, мин; ось ординат – значения ППЭ, мкВт/см²

Мониторинг ЭМП РЧ, создаваемого БС сотовой радиосвязи стандартов GSM/UMTS, на высоте человеческого роста в условиях городской застройки, представлен в публикации болгарских ученых (Atanasova, Atanasov, 2010). Особенность работы состоит в том, что измерения производились на трех участках городской территории, для которых антенны БС, размещавшихся на крышах зданий, находились в зоне прямой видимости. Территории представляли собой внутриквартальное пространство между домами типовой застройки. Измерения осуществлялись на высоте 1,5 метра от земли в узлах координатной сетки, что позволило построить карту распределения интенсивности ЭМП РЧ на обследованных территориях. В качестве средства измерения был использован цифровой анализатор спектра HF59B. Измерения проводились регулярно с заданной периодичностью в одни и те же дни недели и часы в 2008 и 2009 гг. БС в момент измерения работали в режиме текущей нагрузки. Полученные результаты показывают, что в 90 % случаев в 2008 г. и в 78 % случаев в 2009 г. зафиксированные значения ППЭ не превышали 0,1 мкВт/см². Максимальное значение, измеренное в 2008 г., составило 0,950 мкВт/см², в 2009 г. – 0,502 мкВт/см².

Длительный мониторинг ЭМО в точке, расположенной вблизи БС, осуществлялся в ходе проекта "monIT" в Португалии (Oliveira et al., 2007). Измерительный комплекс размещался стационарно, и в автоматическом режиме осуществлял длительный мониторинг ЭМП РЧ в конкретной точке. Измерялись значения напряженности электрического поля E в диапазоне 500 МГц – 3 ГГц, затем данные автоматически передавались в компьютеризированную систему сбора информации. Измерительный комплекс являлся полностью автономным и обеспечивался

энергоснабжением от солнечных батарей. Его общий вид приведен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Автономный измерительный комплекс для мониторинга ЭМО вблизи БС сотовой связи (Oliveira et al., 2007)

Результаты мониторинга ЭМО за произвольно выбранный день приведены на рисунке 8. К сожалению, место установки измерительного комплекса было выбрано скорее из соображений безопасности и технических возможностей размещения, поэтому значение полученных результатов для общей гигиенической оценки электромагнитной обстановки не значительно.

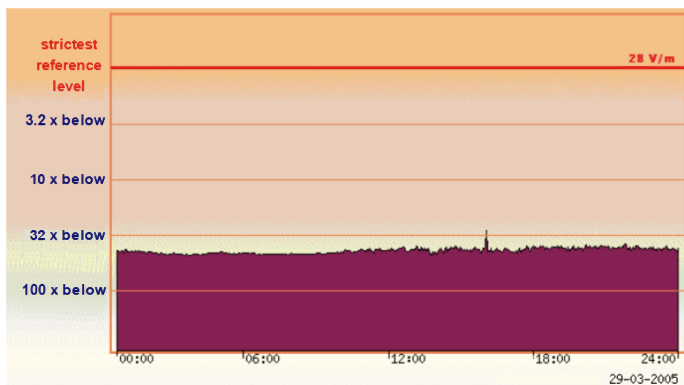


Рисунок 8 – Результат мониторинга значений напряженности электрического поля E вблизи БС сотовой радиосвязи за сутки (по данным Oliveira et al., 2007).

Ось абсцисс – время суток (чч:мм); ось ординат – зафиксированные значения по отношению к контрольному значению, установленному Рекомендациями ICNIRP (28 В/м)

Данные локальных исследований дополняются рядом обзорных работ, которые имеют цель обобщить информацию о состоянии ЭМО в целом, разработать общие методологические подходы к выполнению измерений и представлению данных, что в перспективе может быть использовано в глобальной системе мониторинга и управления ЭМО.

Технический директор Международной ассоциации GSM J. Rowley приводит в своем обзоре (2005 г.) данные о результатах измерений ЭМП РЧ, создаваемого БС, в 5 странах, при этом разброс данных составляет 6 порядков (см. диаграмму на рисунке 9). Эти измерения также выполнены по различным протоколам и не привязаны к зонированию по экспозиции.

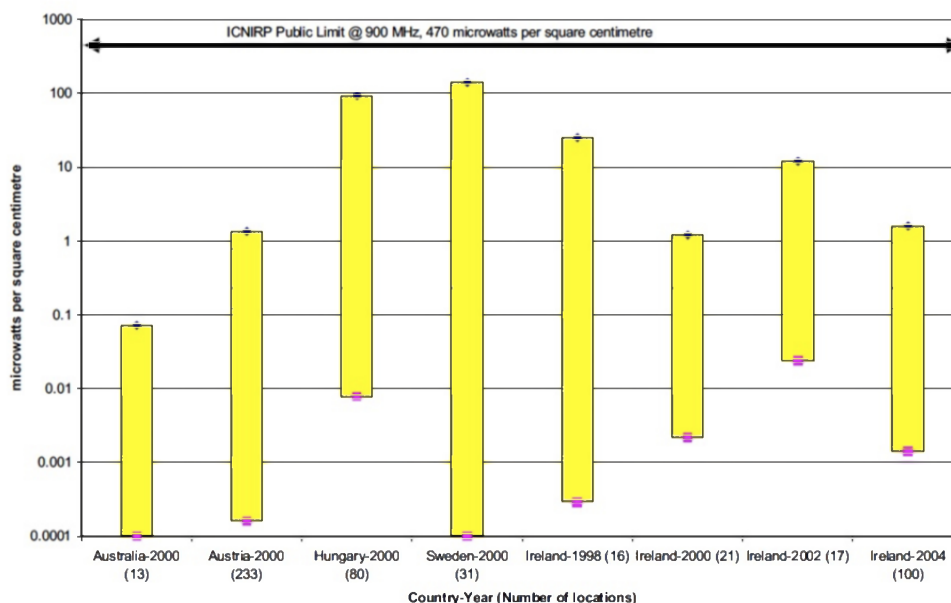


Рисунок 9 – Данные результатов измерений интенсивности ЭМП РЧ вблизи БС сотовой радиосвязи в различных странах мира (Rowley, 2005) Ось абсцисс – страна и год исследований; ось ординат – зафиксированные значения ППЭ, мкВт/см²

По результатам измерений интенсивности ЭМП РЧ вблизи 347 БС сотовой радиосвязи, выполненных авторами, диапазон измеренных значений в местах возможного неконтролируемого доступа людей (населения) составляет от менее 0,17 до 471 мкВт/см² (с учетом погрешности измерительного прибора). Максимальные измеренные значения во всех случаях фиксируются на кровле зданий, на которых размещены антенны БС – см. рисунок 10. Значения, превышающие ПДУ, равное 10 мкВт/см², фиксировались также в помещениях зданий, удаленных не далее 100 м от антенн и расположенных по азимуту проекции главных лепестков ДН антенн БС.

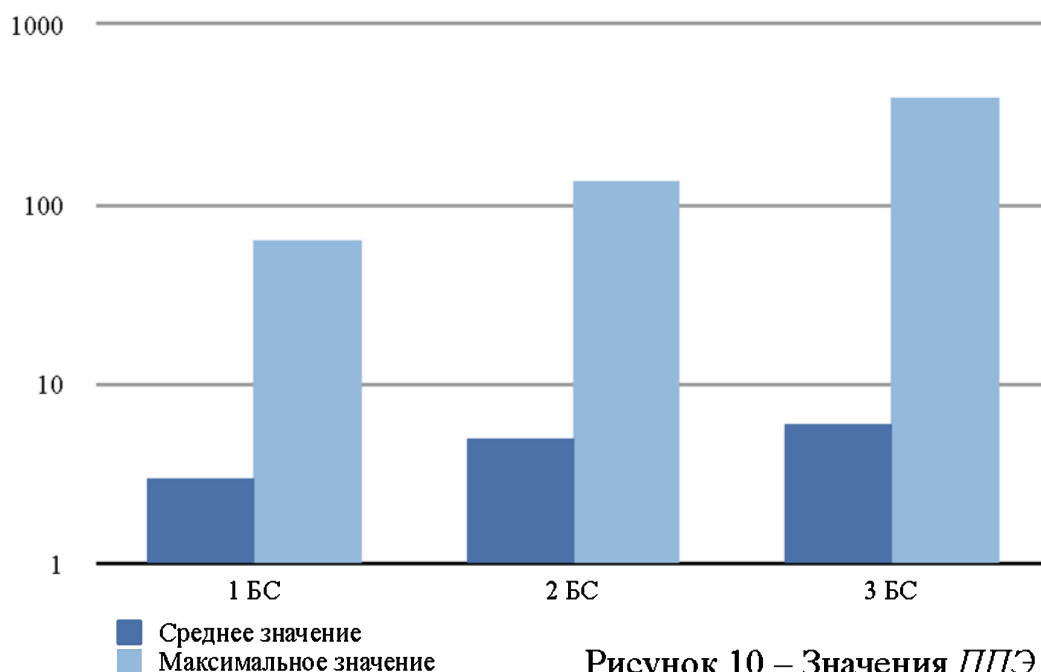


Рисунок 10 – Значения *ППЭ* на кровле зданий в зависимости от количества установленных БС (от одной до трех).

Ось ординат – значения *ППЭ*, мкВт/см², логарифмический масштаб

На рисунке 11 приведен типичный пример распределения *ППЭ* в зависимости от расстояния от тыльной части секторной антенны БС. Измерения выполнены на козырьке здания, на краю которого расположена антенна, то есть в зоне возможного неограниченного доступа населения.

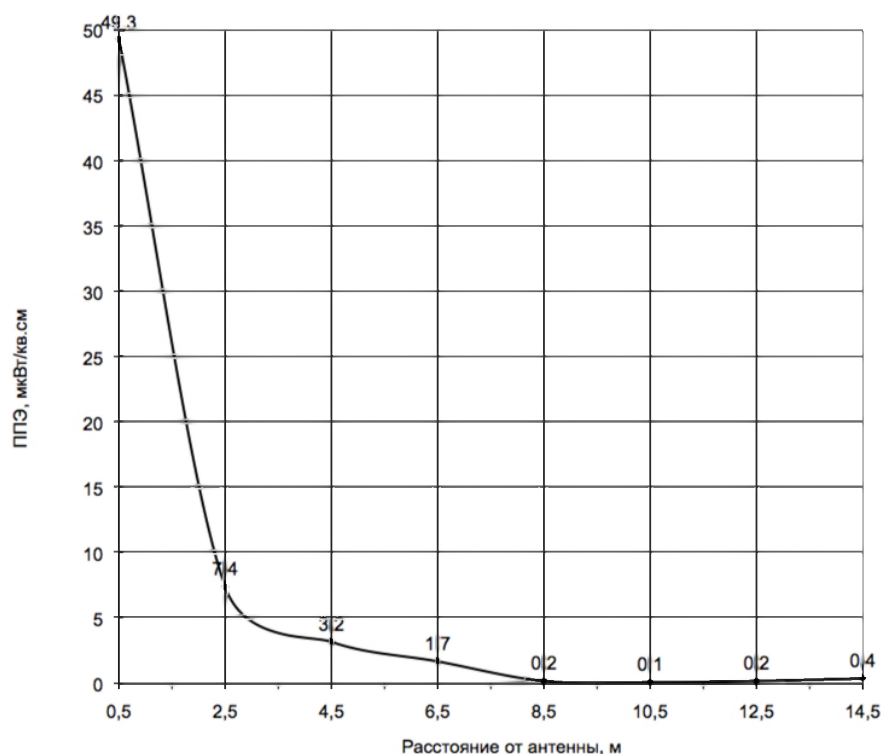


Рисунок 11 – Пример распределения значений *ППЭ* вблизи антенны БС

Вклад в электромагнитную обстановку ЭМП РЧ, создаваемого радиорелейными станциями (далее – РРС), которыми дополнительно оснащаются БС для интеграции в действующую сеть, во всех случаях был крайне незначительным и в местах контроля значения *ППЭ* не превышали нижней границы диапазона измерений прибора.

В московском регионе нами была изучена ЭМО вблизи 220 БС. Антенны исследованных БС размещались в городских условиях в различных конфигурациях исполнения – на крышах зданий как жилых, так и производственных, на разновысотных пристройках к зданиям, на отдельно стоящих башнях, мачтах или дымовых трубах. Измерения преимущественно выполнялись в условиях динамического наблюдения в часы максимальной загрузки.

Распределение точек измерения по местам их расположения следующее:

- на территориях, прилегающих к местам установки антенн БС (в радиусе до 300 м) – 34,6 %;
- в зданиях, расположенных в первой и второй линиях застройки относительно БС в зоне прямой видимости – 32,6 %;
- на кровле зданий, на которых установлены антенны БС и на которые возможен неконтролируемый доступ населения – 15,5 %;
- в помещениях зданий, на которых располагались антенны БС, в том числе на открытых площадках зданий (балконы, лоджии и т. п.) – 17,3 %.

Полученные данные были обобщены, выделены средние и максимальные значения для всего массива данных. Кроме того, весь массив данных был распределен по территориям возможного доступа населения: выделены данные для наземных участков селитебных территорий, для зданий, на которых установлены антенны БС, для зданий и сооружений, расположенных в первой и второй линиях застройки относительно БС, для кровли зданий, на которых установлены антенны БС. Для соответствующих участков территорий был также проведен расчет среднего и максимального значений.

Обобщенные данные исследований представлены в таблице 5. Максимальное значение получено на кровле здания, на которую был возможен неконтролируемый доступ людей, не занимающихся профессиональной эксплуатацией ПРТО. Нами также было отмечено некоторое повышение средних и максимальных значений *ППЭ* в период 2009–2011 гг., когда операторы сотовой радиосвязи активно перешли от политики формирования сплошного покрытия к политике формирования зон высокого качества связи, что вынуждает их в ряде случаев локализовать на одной установочной площадке ("сайте") несколько БС.

Таблица 5 – Обобщенные данные по ЭМО вблизи мест размещения антенн БС сотовой радиосвязи (на расстоянии до 300 м от антенн)

Размещение антенн БС	На здании				На отдельной опоре (башне, мачте и т.п.)	
	Кровля	Прилегающая селитебная территория	Помещения здания под антеннами БС	В зданиях первой–второй линии застройки	Прилегающая селитебная территория	В зданиях первой–второй линии застройки
Средние вероятные значения ППЭ, мкВт/см ²	2–10	0,2–0,7	до 2	0,5–1	до 0,2	до 0,6
Максимальные возможные значения ППЭ, мкВт/см ²	500	5	10	30	2	4

Базовые станции подвижной радиосвязи изменили как природный электромагнитный фон, так и структуру антропогенного (техногенного) электромагнитного фона.

К природным источникам, формирующим электромагнитный фон, являющийся исходным для условий окружающей среды, в которых происходила эволюция биообъектов, относятся источники Вселенной, внутренние процессы нашей планеты, распределенные заряды и динамические процессы в атмосфере (разряды молний, токи ионосферы, токи смещения объемных зарядов и др.). Они формируют электромагнитный фон во всем возможном диапазоне от постоянных электрического и магнитного полей до 300 ГГц. Основные природные источники ЭМП РЧ в диапазоне сотовой связи – радиоизлучение Солнца и других космических объектов. Некоторый незначительный вклад вносят атмосферные разряды. Это непостоянные источники, поэтому конкретные значения интенсивности природного ЭМП РЧ имеют заметную временную нестабильность. По данным, опубликованным до формирования современного антропогенного электромагнитного фона, обычные значения ЭМП РЧ природных источников в диапазоне от 300 МГц до 3 ГГц в приземном слое составляют до 0,000001– 0,001 мкВт/см² (Пресман, 1963; Сердюк, 1977; Osepchuk, 1983; Repacholi, 1983).

Однако в основном природные источники ЭМП РЧ формируют ЭМО в более низких частотных диапазонах, чем используемые в настоящее время сотовой радиосвязью (Bianchi, 2007). Таким образом, именно в свободном от природных ЭМП РЧ диапазоне частот БС сформировали искусственный электромагнитный фон, при этом, если рассматривать крайние значения данных природного и антропогенного ЭМП РЧ, рост интенсивности фона составляет 8 порядков, а в среднем это 5–6 порядков.

Очевидно, что ЭМП РЧ, создаваемое БС, является дополнительной нагрузкой к ранее существующему техногенному фону. К началу 1980-х гг. только 1 % городского населения в США подвергался воздействию ЭМП РЧ с интенсивностью выше 1 мкВт/см² в диапазоне

частот 50–900 МГц, основными источниками, формирующими ЭМО на селитебной территории, были теле- радиопередатчики (Телл, Мэнтипли, 1980). В СССР в 1975 г. ЭМО для населения в целом формировало 1280 телевизионных и радиовещательных станций, две трети из которых относились к ПРТО малой мощности, при этом обеспечивалось радиопокрытие только для 75 % населения страны (Думанский и др., 1975).

Согласно данным, приведенным в статье австрийских исследователей, рост экспозиции ЭМП РЧ в жилых помещениях происходит за счет увеличения интенсивности излучения стандартов GSM, UMTS и WLAN, при этом среднее значение ППЭ в Австрии возросло с 2006 по 2009 г. в 1,44 раза и составило 0,596 мкВт/см². Рост вклада сотовой радиосвязи в структуру ЭМО происходит на фоне сокращения вклада телевизионного вещания на 30 % за тот же период времени (Tomitsch, 2011).

Существующая тенденция к доминированию источников сотовой радиосвязи в антропогенном фоне достаточно наглядно показывается данными спектрального анализа. Так в работе израильских авторов (Shachar et al., 2004) приводится спектрограмма ЭМП РЧ в типичных городских условиях – см. рисунок 12.

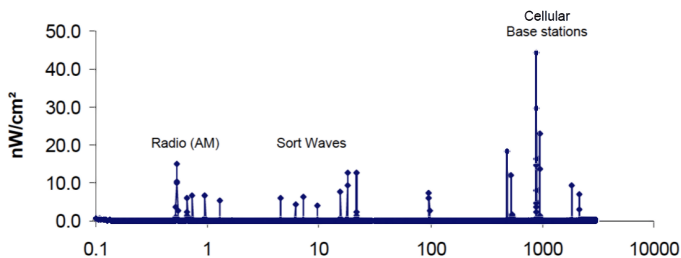


Рисунок 12 – Типичный спектр ЭМП РЧ на селитебной территории в Израиле (по данным Shachar et al., 2004)

Ось абсцисс – частота, МГц, ось ординат – значения ППЭ, нВт/см²

По данным этих же авторов, вклад сотовой радиосвязи в формирование суммарной экспозиции на селитебной территории по усредненным данным выше в 6 раз, чем вклад средневолновых радиостанций, и практически в 20 раз выше, чем вклад коротковолновых радиостанций. Запись анализатора спектра иллюстрирует усложнение итоговой картины ЭМП РЧ, которое формирует персональную экспозицию.

Таким образом, БС сотовой радиосвязи формируют сложно организованный, изменяющийся во времени, модулированный, многочастотный режим экспозиции ЭМП РЧ, в среднем, относительно небольшой интенсивности, но имеющий локальные градиенты, повышающие максимальные значения интенсивности поля до близких к тепловым уровням. Средние значения на селитебной территории и в

жилых помещениях по данным различных стран не превышают единиц мкВт/см². Максимальные значения ППЭ могут достигать нескольких сотен мкВт/см². Полоса рабочих частот БС заняла диапазон, практически свободный от природного ЭМП РЧ. Подводя итог представленным данным очевидно, что БС сотовой радиосвязи изменили ЭМО и сформировали принципиально новые условия облучения ЭМП РЧ для значительной части популяции человека.

5. Методология проведения санитарно-эпидемиологических исследований электромагнитной обстановки на территориях, прилегающих к базовым станциям сотовой радиосвязи

Одним из главных элементов санитарно-эпидемиологического надзора за БС как источниками ЭМП РЧ служит инструментальный контроль электромагнитной обстановки на территориях, прилегающих к местам установки передающих и приемо-передающих антенн БС.

Основными целями проведения инструментального контроля являются подтверждение границ санитарно-защитной зоны и зоны ограничения, полученных в результате предварительного расчетного прогнозирования, оценка интенсивности ЭМП РЧ в местах возможного неконтролируемого доступа населения, а также определение необходимости применения в каждой конкретной ситуации дополнительных средств коллективной защиты. Следует отметить, что в большинстве случаев, БС являются ПРТО, для которых отсутствует санитарно-защитная зона, т.е. интенсивность ЭМП РЧ на уровне 2 м от поверхности земли не превышает ПДУ, установленного для населения.

В настоящее время базовыми нормативно-методическими документами, на основании которых производится инструментальный контроль интенсивности ЭМП, создаваемого БС, являются следующие санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, и методические указания:

- СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов" с изменением № 1 (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";
- МУК 4.3.1677–03 "Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи";
- МУК 4.3.1167–02 "Определение плотности потока электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц";
- МУ 4.3.2320–08 "Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты".

5.1. Подготовка к проведению инструментального контроля

Процесс проведения инструментального контроля требует соответствующего предварительного планирования, которое должна обеспечить выполнение воспроизводимых измерений интенсивности ЭМП РЧ четко в соответствии с поставленной задачей.

Прежде всего, при подготовке к измерениям от владельца исследуемого ПРТО необходимо получить максимально возможное количество информации об источнике ЭМП РЧ. К такой информации относятся рабочие частоты, мощности передатчиков и режимы их работы, типы и количество антенн, результаты расчетного прогнозирования, ситуационный план ПРТО и др. Желательно провести предварительную рекогносцировку территории, прилегающей к исследуемому ПРТО, и визуально оценить соответствие имеющихся данных реальной ситуации.

Важной задачей планирования является выбор точек измерений интенсивности ЭМП. Прежде всего, точки измерений выбираются в местах с возможным неконтролируемым доступом населения в радиусе до 300 м от зданий и сооружений, на которых установлены антенны БС. Для обеспечения лучшей воспроизводимости измерений следует производить привязку конкретных точек измерений к объектам, расположенным на исследуемой территории – зданиям, перекресткам улиц, остановкам общественного транспорта, рабочим местам и т.п. Инструментальный контроль обязательно выполняется на плоских кровлях и в помещениях последних этажей зданий, на которых установлен ПРТО, зданий первой линии застройки относительно ПРТО, "социально-значимых" объектов (жилых зданий, школ, детских садов, больниц и т.п.). В помещениях точки измерений следует выбирать, прежде всего, у окон, на балконах и лоджиях. Из нашего опыта следует, что в зависимости от типа и места размещения БС, число точек измерений может колебаться от 15–20 для БС, антенны которой установлены на отдельно стоящей башне в сельской местности, до 70–90 для БС в плотной городской застройке.

На основании данных о ПРТО выбираются соответствующие средства измерений (СИ). Предпочтение следует отдавать селективным СИ, таким как малогабаритные анализаторы спектра, оснащенные изотропными или направленными измерительными антеннами, особенно в ситуациях, когда ПРТО одновременно является источником ЭМП различных нормируемых частотных диапазонов, например, УВЧ (300–3000 МГц, БС сотовой радиосвязи, телевидение ДМВ и т.п.) и ОВЧ (30–300 МГц, телевидение МВ, радиовещание УКВ/ФМ и т.п.). Широкополосные измерители могут, в основном, применяться при проведении инструментального контроля ПРТО, технические средства которого работают в одном нормируемом диапазоне, например, УВЧ. В любом случае, используемые СИ должны иметь соответствующие частотный и динамический диапазоны измерений, и быть поверенными в установленном порядке. Следует отдавать предпочтение СИ с относительной погрешностью измерений не более ± 3 дБ. Если аппаратная БС размещается в жилом, общественном,

административном или производственном здании, дополнительно выбираются СИ, предназначенные для контроля интенсивности ЭМП промышленной частоты 50 Гц.

Чрезвычайно важным аспектом подготовительных мероприятий является организация взаимодействия с владельцем ПРТО, который должен обеспечить специалистам, проводящим измерения, доступ на объект и, прежде всего, вывести всё передающее оборудование ПРТО в режим максимальной или контролируемой мощности, как того требуют санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Это особенно важно для БС, так как выходная мощность их передатчиков может значительно варьироваться во времени. При необходимости, программа инструментального контроля согласуется с другими лицами, например с жильцами квартир жилых зданий первой, относительно БС, линии застройки.

Кроме того, перед началом работ желательно оценить потребность в применении средств индивидуальной защиты от воздействия ЭМП РЧ.

5.2. Проведение инструментального контроля

Инструментальный контроль интенсивности ЭМП, создаваемого БС, должен осуществляться в выбранных точках измерений в соответствии с требованиями по эксплуатации используемого СИ в режиме максимальной или контролируемой излучаемой мощности БС и других источников ЭМП РЧ, размещенных на данном ПРТО. При этом если СИ имеет значительную (более ± 2 дБ) неравномерность амплитудно-частотной характеристики (например, СИ типа ПЗ-31 или ПЗ-41), то измерения интенсивности ЭМП РЧ производят отдельно при последовательном включении/выключении передатчиков различных стандартов связи.

Точки измерений следует наносить на план или эскиз объекта, занося их описание в протокол.

Инструментальный контроль интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого БС, следует выполнять при значениях температуры и относительной влажности воздуха, соответствующих нормальным (рабочим) условиям использования СИ при отсутствии осадков (дождя, снега, мороси и т.п.).

Необходимо следить за соблюдением минимального расстояния между антенной-преобразователем и отражающими (металлическими, металлизированными и т.п.) предметами и конструкциями, а также границами раздела двух сред (например, оконное стекло-воздух, стена – воздух и т.п.), которое обычно, в зависимости от типа СИ, составляет 5–20 см.

В соответствии с требованиями действующих нормативно-методических документов, контролируемым параметром ЭМП РЧ, создаваемого БС, является среднее значение плотности потока энергии *ППЭ* эквивалентной плоской волны. На сегодняшний день не существует коммерчески доступных СИ значений *ППЭ* (модуля вектора Пойнтинга), поэтому они вычисляются на основании измерений действующих

(среднеквадратических) значений напряженности электрического поля E по формуле:

$$\overline{E^2} = \frac{A^2}{3,77} \quad (2)$$

где $\overline{E^2}$ – среднее значение плотности потока энергии, мкВт/см², E – действующее (среднеквадратическое) значение напряженности электрического поля, В/м.

В каждой точке измерения выполняются на высоте от 0,5 до 2 м от опорной поверхности (земли или пола). Производится не менее трех отсчетов измеряемой величины и находится их среднее арифметическое значение. Некоторые современные СИ позволяют это делать автоматически для заданного периода усреднения. Для гигиенической оценки выбираются максимальные из измеренных на различных высотах средних значений. Результаты измерений заносят в протокол в виде:

$$\overline{E^2}_{\text{изм}} \pm \Delta \overline{E^2}_{\text{изм}} \quad (3)$$

где: $\overline{E^2}_{\text{изм}}$ – измеренное значение $\overline{E^2}$, мкВт/см²; $\Delta \overline{E^2}_{\text{изм}}$ – абсолютное значение основной погрешности измерений $\overline{E^2}$, мкВт/см².

Если относительная погрешность используемого СИ выражена в дБ, то значение абсолютной погрешности измерений рассчитывается как:

$$\Delta \overline{E^2}_{\text{дБ}} = \overline{E^2}_{\text{дБ}} \times \left(10^{\frac{\delta \overline{E^2}_{\text{дБ}}}{10}} - 1 \right) \quad (4)$$

где: $\delta \overline{E^2}_{\text{дБ}}$ – относительная погрешность используемого СИ, выраженная в дБ.

Гигиеническая оценка интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого БС, осуществляется с учетом погрешности СИ. Считается, что электромагнитная обстановка удовлетворяет требованиям гигиенических регламентов, если соблюдается следующее неравенство:

$$\overline{E^2}_{\text{изм}} + \Delta \overline{E^2}_{\text{изм}} \leq \overline{E^2}_{\text{ПДУ}} \quad (5)$$

где: $\overline{E^2}_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимое значение $\overline{E^2}$, мкВт/см².

На плоской кровле зданий, на которую возможен доступ населения без оборудования для проведения высотных работ, необходимо определить зоны, в которых имеются превышения ПДУ для населения – см. рисунок 13. Существует некоторая вероятность, что такие зоны могут быть выявлены также и в других местах.

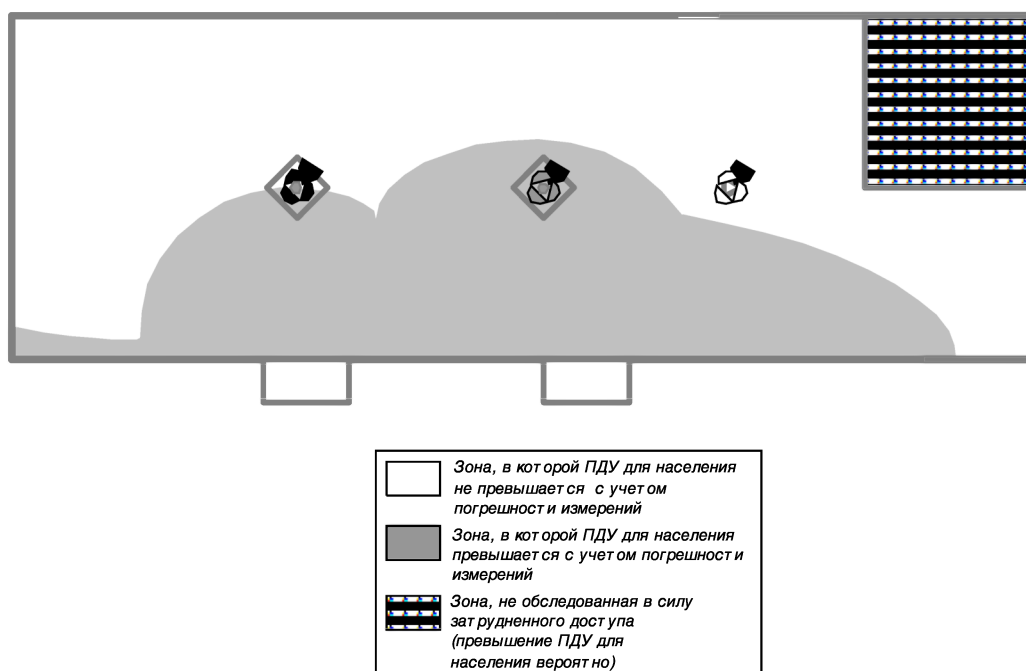


Рисунок 13 – Расположение опасных с точки зрения воздействия ЭМП РЧ на население зон на крыше здания

Если, кроме БС, ПРТО оснащен техническими средствами, работающими в диапазонах частот ниже 300 МГц, то оцениваемым параметром является суммарная интенсивность воздействия *СИВ*, в общем случае выражаемая формулой (1).

В случае, если аппаратная БС размещается в здании, дополнительно производятся измерения интенсивности электрической и магнитной составляющих ЭМП промышленной частоты 50 Гц в помещениях, смежных с аппаратной БС.

5.3. Оформление результатов инструментального контроля

По результатам инструментального контроля составляется протокол, в котором должны быть указаны:

- наименование и реквизиты испытательной лаборатории или испытательного центра;
- номер протокола и дата проведения измерений;
- адрес места проведения измерений;
- наименование и характеристики источника ЭМП РЧ (рабочий диапазон частот, типы излучателей, выходная мощность, количество передатчиков и т.д.);
- ПДУ для данного источника ЭМП РЧ с указанием нормативного документа;
- типы, заводские номера и основные метрологические характеристики СИ с указанием данных об их поверке;
- эскиз и/или описание точек измерений
- выводы по результатам измерений, в том числе указание на уже существующие или необходимые к установке средства коллективной

защиты от воздействия ЭМП РЧ (ограждения, предупреждающие знаки и т.п.).

5.4. Примеры проведения инструментального контроля электромагнитной обстановки на территориях, прилегающих к БС

В качестве примера проведения инструментального контроля интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого БС, приведем результаты санитарно-эпидемиологических исследований ЭМО, формируемой двумя БС. Первый пример относится к типичным объектам городского размещения БС (на кровле здания), второй пример – решение, типичное для загородной зоны, при котором антенны БС размещаются на отдельно стоящей башне. Данные получены в 2011 г.

Пример 1. Антенны БС размещены на кровле здания в условиях городской застройки

Антенны первой из рассматриваемых БС установлены на кровле офисного здания, расположенного в одном из областных центров Центрального административного округа Российской Федерации. Общий вид размещения антенн приведен на рисунке 14, а общие технические характеристики источника ЭМП РЧ приведены в таблице 6.



Рисунок 14 – Антенны БС и РРС на кровле здания (общий вид)

В условиях эксплуатации БС работает круглосуточно в динамическом режиме мощности передатчиков, определяемой текущей загрузкой сети. Аппаратная БС находится в здании. Кроме охарактеризованной выше БС на здании установлены приемо-передающие антенны БС и РРС, принадлежащие трем различным операторам связи, одновременно осуществляющим работу в стандарте GSM-900/1800, таким образом, ЭМО объекта определяется их совместным действием. Во время проведения измерений БС и РРС работали в тестовом режиме максимальной излучаемой мощности. В прямой видимости отсутствуют другие значимые источники ЭМП РЧ, прямо или косвенно способные повлиять на результаты измерений. Кровля здания, т.е. зона объекта, наиболее приближенная к передающим антеннам, является плоской и допускает

нахождение там людей, однако доступ туда населения ограничен – выход на кровлю запирается.

Таблица 6 – Общие технические характеристики источников ЭМП РЧ типовой БС сотовой радиосвязи (размещение на территории города)

Наименование источника, стандарт связи	БС		PPC
	GSM-900	GSM-1800	
Рабочий диапазон частот, МГц	870–960	1710– 1880	14500–15350
Мощность передатчиков, Вт	45	35	0,1
Количество передатчиков, шт	9	12	1
Характеристика излучателей	3 панельные антенны "Allgon" 7228.08 G = 17,0 дБи	3 панельные антенны "Allgon " 7601.02 G = 17,0 дБи	1 параболическая антенна "MiniLink" 15E Ø 0,6 м G = 36,6 дБи
Высота фазовых центров антенн от уровня земли, м	32	32	30

Основные характеристики СИ, использованных в процессе работы, приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные характеристики СИ, использованных для санитарно-эпидемиологического исследования электромагнитной обстановки на территории, прилегающей к БС

№ п/п	Наименование (производитель)	Частотный диапазон измерений	Динамический диапазон измерений	Основная относительная погрешность измерений
1	Широкополосный измеритель NBM-550 с антенной-преобразователем EF6091 ("Narda STS", ФРГ)	0,1–60 ГГц	от 0,13 мкВт/см ² до 170 мВт/см ²	±3 дБ при ППЭ ≤ 1 мкВт/см ² ±2 дБ при ППЭ > 1 мкВт/см ²
2	Анализатор электромагнитного поля EFA-3 ("Narda STS", ФРГ)	5 Гц–30 кГц (используется в селективном режиме на частоте 50 Гц)	по E: от 6,0 В/м до 100 кВ/м; по B: от 0,5 мкТл до 10 мТл	по E: ±(5%+1 В/м); по B: ±(5%+1 нТл)

Расположение точек измерения на кровле здания, антенн по отношению к зданию и азимуты максимумов ДН приведены на рисунке 15. Результаты измерений ЭМП РЧ представлены в таблице 8.

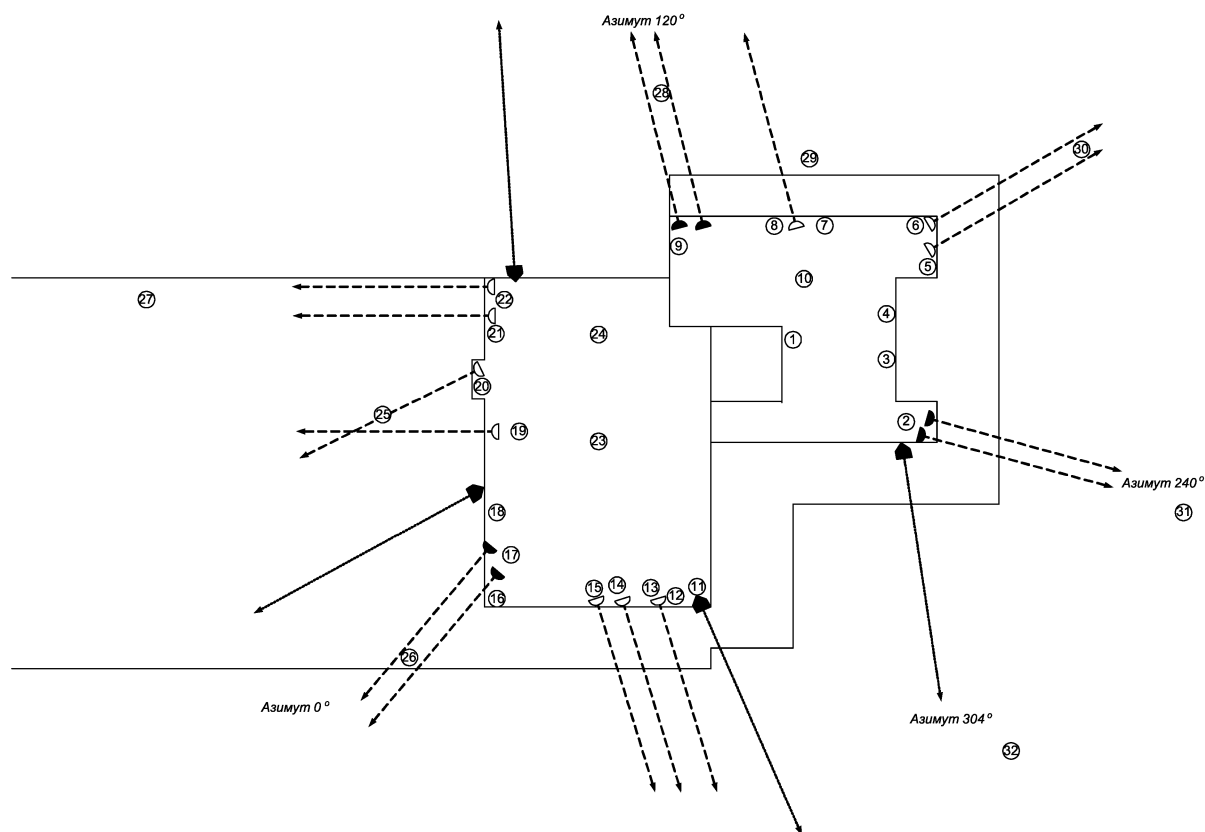


Рисунок 15 – Точки измерений на кровле здания и на прилегающей территории

Таблица 8 – Результаты измерений ЭМП РЧ, создаваемого БС, размещенных на территории города

№ п/п	Описание точки измерения, расстояние от источника, высота от уровня опорной поверхности, номер на эскизе	Усредненные по трем измерениям зафиксированные значения ППЭ, мкВт/см ²	Макс. абсолютная погрешность измерений ΔППЭ, мкВт/см ²	Значение ППЭ с учетом погрешности ППЭ + ΔППЭ, мкВт/см ²
1	Кровля здания, у выхода на кровлю, точка № 1 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	2,05	+1,19 -0,76	3,24
2	Кровля здания, точка № 2 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	3,47	+2,01 -1,28	5,48
3	Кровля здания, точка № 3 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	3,78	+2,19 -1,40	5,97
4	Кровля здания, точка № 4 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	1,98	+1,15 -0,73	3,13
5	Кровля здания, точка № 5 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	12,05	+6,99 -4,46	19,04
6	Кровля здания, точка № 6 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	18,83	+10,92 -6,97	29,75
7	Кровля здания, точка № 7 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	5,07	+2,94 -1,88	8,01
8	Кровля здания, точка № 8 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	25,31	+14,68 -9,36	39,99
9	Кровля здания, точка № 9 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	8,87	+5,14 -3,28	14,01

№ п/п	Описание точки измерения, расстояние от источника, высота от уровня опорной поверхности, номер на эскизе	Усредненные по трем измерениям зафиксированные значения ППЭ, мкВт/см ²	Макс. абсолютная погрешность измерений ΔППЭ, мкВт/см ²	Значение ППЭ с учетом погрешности ППЭ + ΔППЭ, мкВт/см ²
10	Кровля здания, точка № 10 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	2,98	+1,73 -1,10	4,71
11	Кровля здания, точка № 11 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	27,41	+15,90 -10,14	43,31
12	Кровля здания, точка № 12 (см. эскиз), h = 2,0 м	43,57	+25,27 -16,12	68,84
13	Кровля здания, точка № 13 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	64,57	+37,45 -23,89	102,02
14	Кровля здания, точка № 14 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	298,10	+172,90 -110,30	471,00
15	Кровля здания, точка № 15 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	6,90	+4,00 -2,55	10,90
16	Кровля здания, точка № 16 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	169,50	+98,31 -62,72	267,81
17	Кровля здания, точка № 17 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	10,88	+6,31 -4,03	17,19
18	Кровля здания, точка № 18 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	8,02	+4,65 -2,97	12,67
19	Кровля здания, точка № 19 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	53,64	+31,11 -19,85	84,75
20	Кровля здания, точка № 20 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	10,47	+6,07 -3,87	16,54
21	Кровля здания, точка № 21 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	7,58	+4,40 -2,80	11,98
22	Кровля здания, точка № 22 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	43,12	+25,01 -15,95	68,13
23	Кровля здания, точка № 23 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	3,44	+2,00 -1,27	5,44
24	Кровля здания, точка № 24 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	3,11	+1,80 -1,15	4,91
25–44	Кровля здания, определение границ опасных зон, h = 2,0 м	6,33	+3,67 -2,34	10,00
45	Оконные проемы технического этажа, h = 1,5 м	0,25	+0,25 -0,13	0,50
46	Оконные проемы 7-го (последнего) этажа, h = 0,8–2,0 м	< 0,13*	–	–
47	Прилегающая территория, верхняя площадка запасной (пожарной) лестницы (уровень 3-го этажа), точка № 25 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	0,22	+0,22 -0,11	0,44
48	Прилегающая территория, точка № 26 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	0,64	+0,64 -0,32	1,28
49	Прилегающая территория, точка № 27 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	0,19	+0,19 -0,10	0,38
50	Прилегающая территория, точка № 28 (см. рисунок 15), h = 2,0 м	0,27	+0,27 -0,14	0,54
51	Прилегающая территория, у входа в здание, точка № 29 (см. рисунок 15), h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–

№ п/п	Описание точки измерения, расстояние от источника, высота от уровня опорной поверхности, номер на эскизе	Усредненные по трем измерениям зафиксированные значения $ППЭ$, мкВт/см ²	Макс. абсолютная погрешность измерений $\Delta ППЭ$, мкВт/см ²	Значение $ППЭ$ с учетом погрешности $ППЭ + \Delta ППЭ$, мкВт/см ²
52	Прилегающая территория, точка № 30 (см. рисунок 15), $h = 2,0$ м	0,21	+0,21 -0,11	0,42
53	Прилегающая территория, автостоянка, точка № 31 (см. рисунок 15), $h = 2,0$ м	0,26	+0,26 -0,13	0,52
54	Прилегающая территория, вблизи трансформаторной подстанции 6/0,4 кВ, точка № 32 (см. рисунок 15), $h = 2,0$ м	0,32	+0,32 -0,16	0,64
55	Прилегающая территория, автостоянка у ТРЦ, $h = 2,0$ м	0,24	+0,24 -0,12	0,48
56	Прилегающая территория, АЗС, $h = 2,0$ м	0,21	+0,21 -0,11	0,42
57	Прилегающая территория, АЗС, $h = 2,0$ м	0,19	+0,19 -0,10	0,38
58	Прилегающая территория, у автосалона, $h = 0,5-2,0$ м	< 0,13*	—	—

Примечания: * – зафиксированные значения интенсивности ЭМП РЧ не превышают нижней границы диапазона измерений NBM-550

Зафиксированные значения напряженности электрического поля E и плотности магнитного потока B промышленной частоты 50 Гц, создаваемого питающим и силовым оборудованием БС внутри здания, не превышали 6,0 В/м и 0,5 мкТл соответственно, то есть нижней границы диапазона измерений анализатора ЕРА-3.

В рамках санитарно-эпидемиологического исследования были обследованы зоны, в которых возможно воздействие ЭМП, создаваемого размещенными на здании передающими антеннами, а также питающим и силовым оборудованием БС, на население. По результатам санитарно-эпидемиологического исследования сделаны следующие выводы:

- интенсивность ЭМП РЧ с учетом погрешности измерений во всех точках проведения инструментального контроля на момент проведения измерений не превышала ПДУ для производственных условий (1000 мкВт/см²).
- интенсивность ЭМП РЧ с учетом погрешности измерений в ряде точек измерений, расположенных на кровле здания, на момент проведения измерений превышала ПДУ для населения (10 мкВт/см²). Границы опасных (с точки зрения воздействия на население) зон на кровле здания определены и отражены на рисунке 16. Крыша запирается, предупреждающий знак установлен.
- интенсивность ЭМП РЧ с учетом погрешности измерений во всех точках внутри зон свободного доступа населения, т. е. в помещениях здания и на прилегающей территории, на момент проведения измерений не превышала ПДУ для населения.
- интенсивность электрической и магнитной составляющих ЭМП промышленной частоты 50 Гц, создаваемого питающим и силовым

оборудованием БС в помещениях здания, на момент проведения измерений не превышала ПДУ для населения (500 В/м и 10 мкТл соответственно).



Рисунок 16 – Расположение опасных с точки зрения воздействия ЭМП РЧ на население зон на кровле обследованного здания (эскиз)

Пример 2. Антенны БС размещены на отдельно стоящей башне в загородной зоне

В данном примере приведены результаты санитарно-эпидемиологической оценки ЭМО, создаваемой БС, принадлежащих двум различным операторам сотовой радиосвязи, антенны которых установлены на отдельно стоящей башне высотой около 70 м – см. рисунок 17. Башня расположена на одном из участков вблизи федеральной автомобильной дороги "Москва-Челябинск" в Центральном административном округе России. ЭМО объекта определяется суммарным действием БС.



Рисунок 17 – Общий вид и размещение антенн БС на башне
Основные технические характеристики БС под условными наименованиями № 1 и № 2 приведены в таблицах 9 и 10 соответственно.

Таблица 9 – Основные технические характеристики БС №1 (размещение вне территории города)

Тип источника, стандарт связи	БС			PPC	
	GSM-900	GSM-1800	UMTS-2100	PPC1	PPC2
Рабочий диапазон частот, МГц	935–960	1805–1880	1900–2170	23000	23000
Мощность передатчиков, Вт	35	35	20	0,1	0,2
Количество передатчиков, шт.	6	8	3	1	1
Характеристика излучателей	3 панельные антенны 7755.00 G = 17,8/17,4/18,1 дБ, 3 панельные антенны 7722.00, G = 19,0/19,7 дБи			1 параболическая антенна "MiniLink" 23E Ø 0,6 м G = 40,0 дБи	1 параболическая антенна "MiniLink" 23E Ø 0,3 м G = 34,8 дБи
Высота фазовых центров антенн от уровня земли, м	60	40		60	

Таблица 10 – Основные технические характеристики БС № 2 (размещение вне территории города)

Тип источника, стандарт связи	БС		PPC				
	GSM-900	GSM-1800	PPC1	PPC2	PPC3	PPC4	PPC5
Рабочий диапазон частот, МГц	935–960	1805–1880	17700–19700	17700–19700	12750–13250	37000–39500	17700–19700
Мощность передатчиков, Вт	20	10	0,1	0,1	0,316	0,032	0,2
Количество передатчиков, шт	6	12	1	1	1	1	1
Характеристика излучателей	3 панельные антенны "Allgon" 7331.02 G = 16,5/16,0 дБи		2 параболические антенны "Andrew" VHP2-180B Ø 0,6 м G = 38,7 дБи	1 параболическая антенна "Andrew" VHP4-180A Ø 1,2 м G = 44,6 дБи	1 параболическая антенна "Andrew" VHP4-130A Ø 1,2 м G = 41,4 дБи	1 параболическая антенна "Andrew" VHP1-370A Ø 0,3 м, G = 39,5 дБи	2 параболические антенны "Andrew" VHP2-180B Ø 0,6 м G = 38,7 дБи
Высота фазовых центров антенн от уровня земли, м	67,3		70,7		53,0		

В прямой видимости отсутствовали прочие значимые источники ЭМП РЧ. Свободный доступ на башню отсутствовал, поэтому исключена ситуация максимального приближения населения к антеннам БС. Аппаратные БС размещены в контейнерах у основания башни. В программу измерений включены близлежащие объекты застройки в направлении максимумов ДН передающих антенн БС. Точки измерений приведены на рисунке 18.

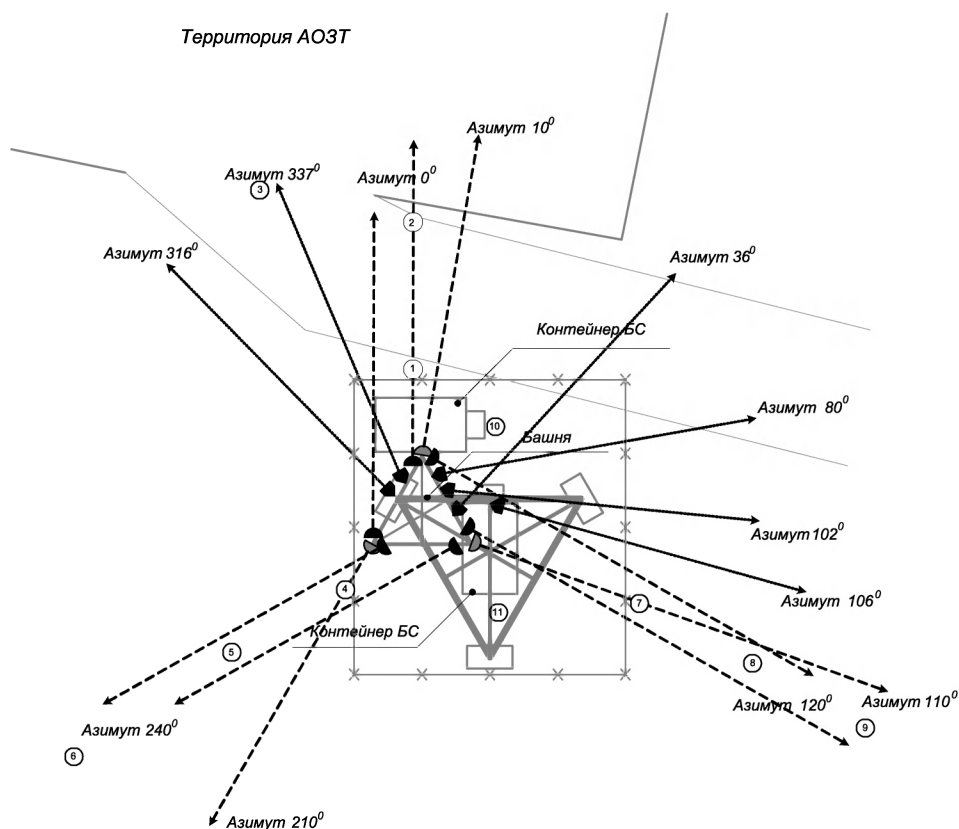


Рисунок 18 – Точки измерений на прилегающей территории

Во время измерений передатчики БС работали в тестовом режиме максимальной излучаемой мощности.

Результаты измерений ЭМП РЧ приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты измерений ЭМП РЧ, создаваемого БС (размещение вне территории города)

№ п/п	Описание точки измерения, расстояние от источника, высота от уровня земли, номер на эскизе	Усредненные по трем измерениям зафиксированные значения $ППЭ$, мкВт/см ²	Макс. абсолютная погрешность измерений $\Delta ППЭ$, мкВт/см ²	Значение $ППЭ$ с учетом погрешности $ППЭ + \Delta ППЭ$, мкВт/см ²
1	Прилегающая территория, точка № 1 (см. рисунок 18), у ограждения, $h = 0,5-2,0$ м	$< 0,13^*$	—	—
2	Прилегающая территория, точка № 2 (см. рисунок 18), 8 м от ограждения, $h = 0,5-2,0$ м	$< 0,13^*$	—	—
3	Прилегающая территория, точка № 3 (см. рисунок 18), въезд на территорию АОЗТ, $h = 0,5-2,0$ м	$< 0,13^*$	—	—
4	Прилегающая территория, точка № 4 (см. рисунок 18), у ограждения, $h = 0,5-2,0$ м	$< 0,13^*$	—	—
5	Прилегающая территория, точка № 5 (см. рисунок 18), 8 м от ограждения, $h = 0,5-2,0$ м	$< 0,13^*$	—	—
6	Прилегающая территория, точка № 6 (см. рисунок 18), 16 м от ограждения, $h = 0,5-2,0$ м	$< 0,13^*$	—	—

№ п/п	Описание точки измерения, расстояние от источника, высота от уровня земли, номер на эскизе	Усредненные по трем измерениям зафиксированные значения ПППЭ, мкВт/см ²	Макс. абсолютная погрешность измерений ΔППЭ, мкВт/см ²	Значение ПППЭ с учетом погрешности ПППЭ + ΔППЭ, мкВт/см ²
7	Прилегающая территория, точка № 7 (см. рисунок 18), у ограждения, h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–
8	Прилегающая территория, точка № 8 (см. рисунок 18), 8 м от ограждения, h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–
9	Прилегающая территория, точка № 9 (см. рисунок 18), 16 м от ограждения, h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–
10	У контейнера БС № 1, точка № 10 (см. рисунок 18), h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–
11	У контейнера БС № 2, точка № 11 (см. рисунок 18), h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–
12–15	Прилегающая территория, обочина автодороги, h = 0,5–2,0 м	< 0,13*	–	–

Примечания: * – зафиксированные значения интенсивности ЭМП РЧ не превышают нижней границы диапазона измерений NBM-550

По результатам исследования ЭМО были сделаны следующие выводы: интенсивность ЭМП РЧ с учетом погрешности измерений во всех точках на момент проведения измерений не превышала ПДУ для населения (10 мкВт/см²); зоны, опасные с точки зрения воздействия ЭМП РЧ на население, на обследованном объекте отсутствуют.

Таким образом, применение продемонстрированного выше методологического подхода позволяет достаточно полно охарактеризовать ЭМО, формируемую БС, учитывая возможность кратковременного или продолжительного пребывания населения на территории вблизи БС, особенности размещения и режима работы станций, ДН их антенн. Получаемые результаты пригодны для последующей гигиенической оценки на предмет соответствия требованиям действующих санитарно-эпидемиологических правил и нормативов.

6. Абонентские терминалы сотовой радиосвязи как объект санитарно-эпидемиологического контроля

Сотовый радиотелефон является АТ, обычно предназначенным для ручного использования. Это портативное устройство массой не более 250 г. С учетом всех возможных стандартов радиосвязи, сотовые телефоны могут работать в диапазоне частот от 450 МГц до 6 ГГц. Излучающим элементом данного вида АТ во время приема и передачи сигнала обычно является планарная антенна, спиральная или штыревая. В стандартной ситуации применения передающая антенна располагается на расстоянии не более 20 см от тела пользователя. Система "сотовый радиотелефон–человек", в отличие от других сценариев воздействия ЭМП РЧ, обладает определенной спецификой – человек находится в ближней ("индуктивной") зоне поля.

Область распространения ЭМП РЧ, создаваемого любым источником, условно подразделяется на зоны, в каждой из которых поле имеет различные свойства. Это ближняя зона (или зона индукции), промежуточная зона (зона Френеля) и дальняя зона (волновая зона). Границы этих зон устанавливаются в зависимости от соотношения размеров передающей антенны и длины волны.

Обычно граница дальней зоны определяется соотношением:

$$r > 2 \cdot D^2 / \lambda \quad (6)$$

Граница ближней зоны:

$$r < D^2 / \lambda \quad (7)$$

где r – расстояние от антенны, м; D – максимальный линейный размер антенны, м; λ – длина волны в воздухе, м

В ближней зоне не происходит переноса энергии, при этом размещенные в ней объекты могут становиться частью излучающей системы и кардинально менять картину распределения ЭМП РЧ и результирующую ДН источника дальней (волновой) зоне. Фактически, когда человек разговаривает по сотовому телефону, поднеся его к уху, его голова является частью антенной системы, формирующей радиосигнал, распространяющийся от АТ к БС.

В связи с такой ситуацией дать характеристику условий воздействия ЭМП РЧ на человека в ближней зоне антенны представляется достаточно сложной задачей. Методы прямого измерения ЭМП РЧ, создаваемого АТ сотовой радиосвязи, находятся в активном развитии, существует ряд расчетных методов оценки, в том числе и расчетов мощности поглощенной дозы, а также напряженности электрического и магнитного полей в "цифровом фантоме" головы человека.

На первый взгляд, в качестве дозиметрической величины для радиобиологической оценки воздействия ЭМП РЧ ближней зоны на биологические объекты, может идеально подходить энергетическая экспозиция, т.к. электрическое и магнитное поля характеризуются отдельно, причем не с амплитудной, а с мощностной точки зрения, и при этом учитывается время воздействия.

Энергетическая экспозиция (далее – ЭЭ) – физическая величина, которая в настоящее время используется в России при нормировании производственных воздействий ЭМП РЧ (30 кГц – 300 ГГц). ЭЭ электрического (E) и магнитного полей (H) определяется соотношениями:

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T \quad (8)$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T \quad (9)$$

где E – действующее (среднеквадратическое) значение напряженности электрического поля, В/м; H – действующие значения напряженности магнитного поля, А/ч, T – время воздействия, ч.

Данные величины ЭЭ имеют физический смысл "энергия действующего фактора (имеется в виду неискаженное падающее поле) за единицу времени". В области гигиенического нормирования одно из главных преимуществ использования энергетической экспозиции заключается в возможности адекватного соотнесения и приведения "к общему знаменателю" воздействия при различных уровнях, что является основой дозовой концепции нормирования ЭМП РЧ. Однако подобный подход имеет существенный недостаток при использовании в гигиеническом нормировании внепроизводственных воздействий поля, заключающийся в необходимости точного учета времени и условий воздействия, практически нереализуемого в случае условий внепроизводственных воздействий.

Кроме того, такой подход предполагает прямо пропорциональную зависимость биологического эффекта, как от мощности, так и от времени воздействия, что не всегда адекватно, поскольку кратковременное воздействие ЭМП РЧ с большой интенсивностью и длительное воздействие с низкой интенсивностью могут определять одинаковую ЭЭ, но иметь разные биологические эффекты; этот метод не применим при рассмотрении, например, пороговых эффектов воздействия крайне низких/высоких уровней поля, сигналов сложной формы и спектрального состава и т.д.

6.1. Концепция и методология дозиметрической оценки воздействия по интенсивности падающего ЭМП РЧ (по СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03)

Дозиметрическая оценка воздействия ЭМП диапазона УВЧ по интенсивности падающего (неискаженного) поля дальней зоны является основой в российских гигиенических нормативах. Она заключается в проведении прямых измерений напряженности электрического и, в некоторых случаях, магнитного поля в свободном пространстве. В дальнейшем в соответствии с выражением (2) осуществляется пересчет значений напряженности электрического поля E в значения ППЭ эквивалентной плоской волны, которая и является нормируемой величиной.

Оптимально, измерения должны проводиться широкополосными измерителями с изотропными антеннами-преобразователями электрически малых размеров. Погрешность измерений в данном случае может составлять $\pm(2-3)$ дБ, в некоторых случаях (при соблюдении дополнительных условий) – до ± 1 дБ.

Как один из самых современных СИ, для проведения подобных испытаний может использоваться измеритель "Narda" NBM-550, внешний вид которого приведен на рисунке 19. Прибор оснащается изотропными антеннами-преобразователями для измерения напряженности электрического и магнитного поля. Малые (~1см) линейные размеры взаимно ортогональных электрически малых диполей (первичных преобразователей) и общие размеры антенн-преобразователей позволяют

проводить измерения на расстояниях, достаточно близких к источнику ЭМП РЧ.



Рисунок 19 – Общий внешний вид широкополосного измерителя "Narda" NBM-550 (с антенной-преобразователем), пригодного для измерений ЭМП РЧ, создаваемого АТ сотовой радиосвязи

Основным преимуществом метода дозиметрической оценки воздействия ЭМП диапазона УВЧ по интенсивности падающего электромагнитного поля является относительная простота организации и проведения измерений. Данный подход принят в российских нормативных документах (СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 и др.), а также допускается для приближенной оценки зарубежными рекомендациями ICNIRP и IEEE/ICES. Более подробно вопросы обоснования возможности использование такого метода измерений в зоне изложены в разделе 3 настоящего издания.

Приведем коротко основные положения методики санитарно-эпидемиологических испытаний АТ на соответствие требованиям СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03.

Данная методика предназначена для испытаний АТ (ручных радиотелефонов) действующих и перспективных стандартов (GSM, CDMA, UMTS и др.), работающих в диапазоне 300–6000 МГц, независимо от конструктивных особенностей их исполнения.

Гигиеническая оценка интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, должна осуществляться по средним значениям плотности потока энергии эквивалентной плоской волны $ППЭ$, $мкВт/см^2$ при работе АТ в режиме максимальной мощности излучения, предусмотренной производителем АТ. В зарубежных стандартах, регламентирующих проведение испытаний АТ, также применяется оценка интенсивности ЭМП исключительно при максимальной излучаемой мощности АТ (ANSI/IEEE 1528–2003, IEC 62209-1).

Для проведения инструментального контроля должны применяться СИ действующих (среднеквадратических) значений напряженности

электрического поля E , В/м, оснащенные изотропными антеннами-преобразователями. Минимальный диапазон измеряемых величин 1–10 В/м (0,3–30 мкВт/см²). В качестве СИ могут применяться широкополосные измерители отечественного (ПЗ-31, ПЗ-33, ПЗ-41 и др.) и зарубежного производства ("Narda" NBM-520/550, EMR-200/-300 и др.).

Измерения интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, производят в экранированных помещениях. Фоновые значения $ППЭ$ в диапазоне частот 300–6000 МГц в помещении не должны превышать 0,3 мкВт/см².

Размер измерительной площадки, свободной от отражающих конструкций и предметов высотой более 5 см (оборудование, не задействованное в испытаниях, батареи отопления, железобетонные стены и т.п.) должен составлять минимум 1,5 м × 1,5 м при высоте потолка помещения минимум 2,4 м.

Подставка (или подвес) для крепления АТ должна быть изготовлена из диэлектрического материала со значениями относительной диэлектрической проницаемости $\epsilon_r \leq 5$ и тангенса диэлектрических потерь $\text{tg } \delta \leq 0.05$. В качестве материалов могут быть использованы полиэтилен, полипропилен, полистирол, фторопласт, пенопласт. Подставка должна обеспечивать регулировку высоты установки АТ от уровня пола помещения в диапазоне 1,6–1,8 м.

Точка измерений интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, для наиболее распространенных типов конструкции АТ, показана на рисунке 20.

СИ устанавливается на диэлектрическом штативе таким образом, чтобы фазовый центр антенны-преобразователя находился в точке измерений, показанной на рисунке 20 (на уровне отверстия динамика АТ), на расстоянии d от передней панели АТ, равном: 65 см – для АТ, работающих в диапазоне частот 450 МГц; 37 см – для АТ, работающих в диапазоне частот свыше 800 МГц. Высота точки измерений от уровня пола составляет 1,7 м. Измерения расстояния осуществляются с помощью линейки или мерной ленты.

Корпус АТ фиксируется на подставке (подвесе) вертикально в соответствии с рисунком 20. При наличии у АТ откидывающихся или выдвигающихся элементов, они должны быть установлены в рабочее положение. Во время проведения испытаний наличие каких-либо внешних подключений АТ (кабель электропитания, интерфейсный кабель, внешняя антенна и т.д.) не допускается.

Для выведения АТ в режим максимальной мощности излучения используется имитатор базовой станции (ИБС) соответствующего стандарта сотовой радиосвязи. В качестве ИБС можно использовать тестеры сотовых радиотелефонов "Wavetek"/"Willtek" серий 41xx–44xx, "Rohde&Schwarz" CTS55 или аналогичные. ИБС базовой станции обеспечивает управление режимами работы АТ по радиоинтерфейсу. Антенна ИБС должна располагаться на расстоянии не менее 0,5 м от АТ (в задней полусфере вокруг АТ), и только при его работе значения $ППЭ$ в точке измерений не должны превышать 0,3 мкВт/см².

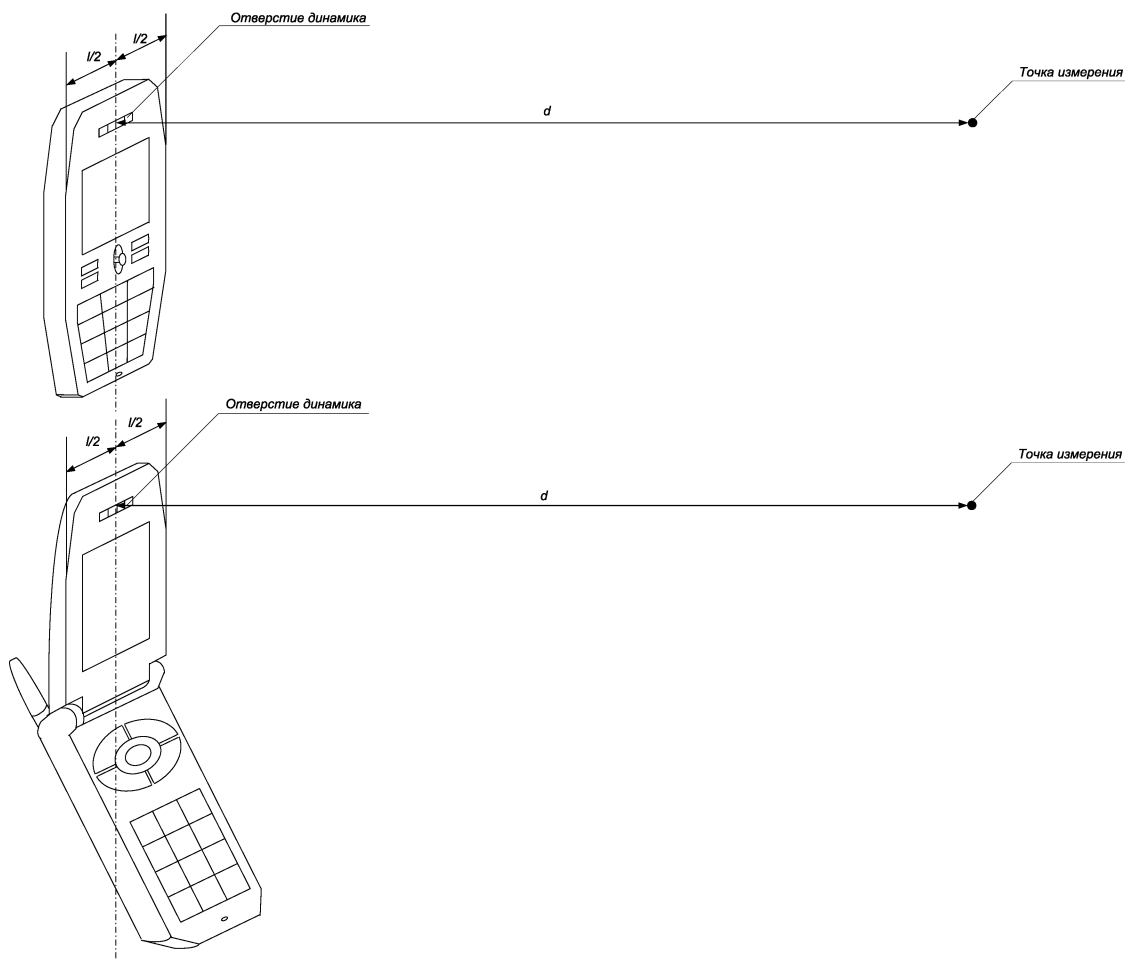


Рисунок 20 – Точка измерений интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ различной конструкции

Для каждого образца АТ измерения значений *ППЭ* осуществляются в соответствии с инструкцией по эксплуатации СИ на трех рабочих частотах (частотных каналах) для каждого из стандартов радиосвязи, поддерживаемых испытуемым АТ, в режиме "разговор". Частоты измерений выбираются в начале, в середине и в конце рабочего диапазона частот АТ для данного стандарта. Выбор стандарта радиосвязи и установку рабочей частоты АТ производят с использованием ИБС. Рекомендуется использовать анализатор спектра или сканирующий приемник для контроля рабочей частоты АТ.

Во время измерений оператор СИ не должен находиться между АТ и антенной-преобразователем СИ. Контроль показаний СИ рекомендуется выполнять дистанционно.

На каждом из частотных каналов измерения значений *ППЭ* проводят не менее трех раз. Полученные значения *ППЭ* усредняются арифметически. Результаты измерений заносят в протокол в виде выражения (3).

В случае если АТ имеет выдвижную антенну, измерения выполняются при задвинутой и полностью выдвинутой антенне.

Гигиеническая оценка интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, осуществляется в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. Считается, что испытываемая модель (тип) АТ удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03, если соблюдается следующее неравенство:

$$ППЭ_{\max} + \Delta ППЭ_{\max} \leq 3 \text{ мкВт/см}^2 \quad (10)$$

где: $ППЭ_{\max}$ – максимальное из среднеарифметических значений $ППЭ$, мкВт/см^2 , полученных для всех частотных каналов и стандартов радиосвязи, поддерживаемых АТ; $\Delta ППЭ_{\max}$ – абсолютное значение основной погрешности измерений $ППЭ$, мкВт/см^2 .

Приведенная методика позволяет обеспечить достоверность, воспроизводимость и повторяемости результатов измерений ЭМП РЧ и санитарно-эпидемиологической оценки АТ.

Однако измеряемая величина $ППЭ$ эквивалентной плоской волны в дальней зоне не может полностью характеризовать ЭМП РЧ в ближней зоне, т.к. в дальней зоне, где электромагнитная волна является сформированной, характер и связь между интенсивностями электрического и магнитного поля определяется простой зависимостью, в то время как в ближней зоне необходимы измерения электрической и магнитной составляющей, а также фазового угла между векторами напряженности электрического и магнитного поля. Поскольку, в зависимости от источника, ЭМП РЧ в ближней зоне может носить чисто электрический или чисто магнитный характер, в некоторых точках пространства значение $ППЭ$ может быть нулевым. Конфигурация поля ближней зоны может иметь большие неоднородности, точки локальных максимумов поглощения электромагнитной энергии и т.д.

В России методы нахождения распределения ЭМП РЧ в теле биообъекта до настоящего момента не нашли широкого распространения из-за отсутствия как соответствующих средств расчета, так и специализированных СИ. Это не позволяет сравнивать результаты аналогичных исследований, выполненных в различных лабораториях за рубежом. Информация о поглощенной энергии является чрезвычайно важной при установлении предельно допустимых уровней ЭМП РЧ и для международной гармонизации стандартов по электромагнитной безопасности в рамках Международной программы ВОЗ по ЭМП.

6.2. Концепция и методология дозиметрической оценки воздействия по величине мощности поглощенной дозы (по рекомендациям Института инженеров электротехники и электроники и Международной электротехнической комиссии)

Проблема дозиметрии ЭМП РЧ является весьма сложной и многогранной, поскольку не существует универсального способа измерений или расчетов силовых и энергетических характеристик внешнего (падающего) и внутреннего (индуцированного в биообъекте) ЭМП РЧ. Кроме того, во многих случаях знаний только о падающей или только поглощенной объектом электромагнитной энергии недостаточно для оценки биологического действия ЭМП РЧ, поскольку для интерпретации наблюдаемых биоэффектов необходимо также иметь представление о пространственном распределении поля и/или его энергии внутри экспонируемого объекта. В связи с тем, что ткани и структуры организма имеют сложную пространственно-геометрическую конфигурацию и обладают разными электрофизическими параметрами (относительной диэлектрической проницаемостью ϵ , удельной электрической проводимостью σ , плотностью ρ и др.), максимумы поглощения энергии ЭМП РЧ могут возникать в различных местах внутри тела биообъекта в зависимости от частоты и поляризации падающего ЭМП РЧ, а также от расположения его источника. Например, на частоте 918 МГц максимум поглощения энергии ЭМП РЧ для головы человека локализован в ее центральной области. Известно, что пространственное распределение поглощенной энергии существенно различается в теле человека и в теле мелких лабораторных животных при одинаковых условиях экспозиции. При относительно высоких частотах (выше 100 МГц) средняя и максимальная удельная поглощенная энергия в теле человека обычно ниже, чем в теле животных. Наоборот, при относительно низких частотах (менее 100 МГц) удельная поглощенная энергия в теле человека оказывается больше, чем в теле животных при одном и том же значении ППЭ падающего ЭМП РЧ. Значительно изменяется величина и характер распределения поглощенной энергии при расположении биологических объектов вблизи отражающих поверхностей. Так, на частотах около резонанса для всего тела поглощение электромагнитной энергии объектом, находящимся вблизи отражающих поверхностей, может увеличиться в 2–10 раз в зависимости от геометрии объекта и отражающих поверхностей (Отчет по проекту МНТЦ #3629р, 2007; Варецкий и др., 1985; Кинг, Смит, 1984; Кузнецов, 1994; Отчет о НИР ИБФ МЗ СССР, инв. № Б19N6, 1986; Тигранян, 1985, Durney et al., 1986; Петин и др., 2012).

При использовании метода оценки воздействия ЭМП РЧ по интенсивности падающего (неискаженного) поля не учитывается ряд основополагающих факторов, имеющих прямое отношение к

биологическому действию поля. Такие факторы, как глубина проникновения поля внутрь биологического объекта, распределение поля в тканях, которые зависят, в том числе, от частоты, поляризации и конфигурации падающего поля, размеров и конфигурации органов, электрических характеристик их тканей и т.д., могут быть различными для различных объектов даже при одинаковых результатах измерений падающего неискаженного поля в точке нахождения объекта.

Таким образом, интенсивность падающего неискаженного ЭМП РЧ не может являться исчерпывающей характеристикой поля при рассмотрении и исследовании причин возникновения тех или иных биологических эффектов. Возникает необходимость знать интенсивность ЭМП РЧ внутри биообъекта.

В настоящее время в качестве основной (базовой) дозиметрической характеристики поглощенной энергии воздействующего на объект ЭМП РЧ в диапазоне частот 100 кГц – 10 ГГц используется величина SAR (англ. Specific energy Absorption Rate), что закреплено также в ряде стандартов и рекомендаций, в т.ч. Института инженеров электротехники и электроники IEEE (США) и Международной электротехнической комиссии IEC (IEEE C95.1; IEC 62209-1 ANSI/IEEE 1528–2003). Этот термин всегда используется в иностранной научной литературе при характеристике условий экспозиции и в ближней зоне антенны АТ. К сожалению, этот термин переведен на русский язык и используется в отечественной литературе неточно – "удельная скорость поглощения", "удельная поглощенная мощность (УПМ)" или "коэффициент удельного поглощения энергии". Однако, хорошо известно, что поглощается энергия, а не мощность. Мощность характеризует скорость, с которой поглощается энергия. В радиобиологии ионизирующих излучений термин dose rate переведен корректно – мощность дозы, а не дозовая мощность. Под дозой, начиная со времен В.К. Рентгена, понималась удельная поглощенная энергия, т.е. specific absorption energy. Поэтому термин specific energy absorption rate должен переводиться как мощность поглощенной дозы, понимая под поглощенной дозой удельную поглощенную дозу, как и в области ионизирующих излучений. Таким образом, по аналогии с величинами, применяемыми в дозиметрии ионизирующих излучений, необходимо использовать термин "Мощность поглощенной дозы (неионизирующего излучения)" (далее – МПД) – отношение приращения поглощенной дозы (отношения средней энергии, переданной ЭМП РЧ веществу в элементарном объеме, к массе вещества в этом объеме) за интервал времени, к этому интервалу. Именно в этой трактовке следует использовать термин МПД (SAR). Единица измерения МПД – ватт на килограмм (Вт/кг).

При определении МПД учитываются практически все вопросы, связанные с воздействием ЭМП РЧ в ближней зоне: форма и мощность источника, искажения, вносимые телом. Усредненные значения МПД

определяют путем как усреднения по всему телу, так и по фрагменту ткани весом 1 или 10 г.

Определение значения МПД проводится двумя способами:

- на основе определения действующих значений напряженности электрического поля E :

$$\text{МПД} = \sigma \cdot E^2 / \rho \quad (11)$$

где σ – удельная электрическая проводимость ткани, См/м; ρ – плотность ткани, кг/м³;

- на основе определения изменения температуры dT :

$$\text{МПД} = c \cdot dT/dt \quad (12)$$

где c – удельная теплоемкость вещества, Дж/(кг·К).

В свою очередь, в каждом из этих способов значение МПД можно определить следующими методами:

- с помощью модели (фантома) биологического объекта. Фантом может быть различной формы (кубической, цилиндрической, шарообразной и т.п.); однородный или неоднородный, выполненный на жидкой, гелеобразной или твердой основе. Электрические свойства фантомного материала, должны соответствовать электрическим свойствам моделируемых биологических тканей. Измеряя напряженность электрического поля E и температуру T в разных точках фантома, можно определить значение МПД (Тиль, 1987; Kuster, 1997);
- с помощью численного моделирования (цифрового фантома). МПД возможно рассчитать, воспользовавшись одним из численных методов: методом интегральных уравнений, методом конечных элементов, методом конечных разностей во временной области и т.п. Эти методы используют численные модели биологических объектов, которые варьируются от простых блочных до высокоточных с большим количеством кубических ячеек, на основе данных, полученных методом магнитно-резонансной томографии (Kuster, 1997).

Одним из основных методов математического моделирования распределения ЭМП РЧ как в условиях свободного пространства (неискаженного поля), так и в теле биообъекта является метод конечных разностей во временной области FDTD, который позволяет рассматривать блочные модели с большим числом ячеек при максимальном приближении к реальному объекту. Уменьшение размеров ячеек до нескольких миллиметров при их числе $12 \cdot 10^4$ в модели головы человека, позволило имитировать не только мозг, кровь, кожу, кости, мышечную и жировую ткани, но и хрусталик, склеру, жидкость глаза в диапазоне частот до 3 ГГц (Кинг, Смит, 1984; Balzano, 1998; Dimbylow, 1999). На основе метода FDTD разработано большое количество программных продуктов, позволяющих с высокой степенью детализации производить расчеты интенсивности ЭМП РЧ в свободном пространстве и МПД для различных условий воздействия и конфигураций источников. К таким программным

продуктам относятся пакеты SEMCAD ("SPEAG", Швейцария) и Microwave Studio ("CST", ФРГ), которые позволяют использовать даже современные компьютеры семейства PC. Для данных программных продуктов разработаны соответствующие цифровые модели (фантомы) различных биологических объектов (мужчина, женщина, ребенок, крыса, кролик, собака и т.д.) с высокой детализацией их внутренней структуры (Kuster, 1997; Pokovic et al., 2000).

Например, в работе Crespo-Valero et al. (2011) приводятся результаты, полученные в сочетании расчетного метода FDTD и анатомического атласа Talairach. Атлас определяет до 1105 участков для идентификации различных объектов в мозге, обеспечивая тем самым большое количество расчетных комбинаций для оценки воздействия, пример расчета МПД приведен на рисунке 21.

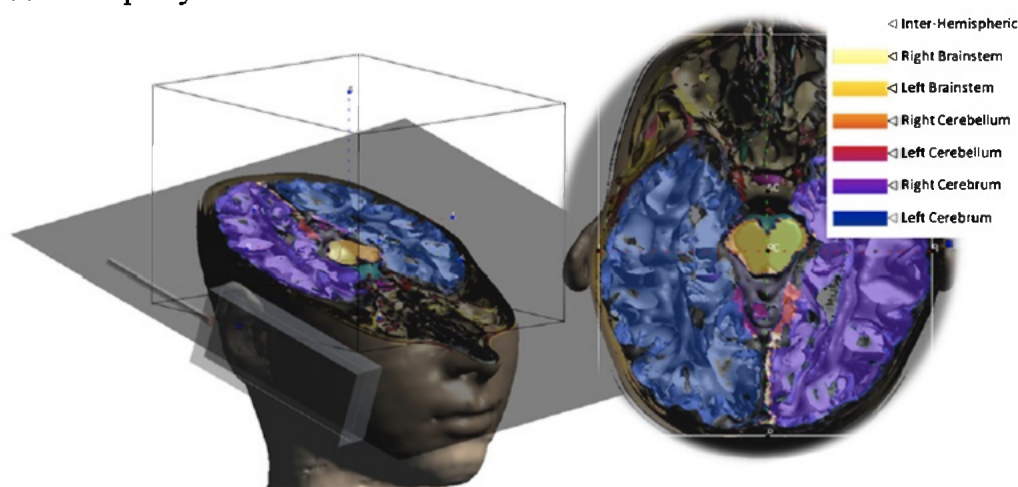


Рисунок 21 – Пример математического моделирования МПД с использованием атласа Talairach для модели головы 11-летней девочки (по данным Crespo-Valero et al., 2011)

Расчетные методы используют стандартизованные модели человеческого тела, которые на основе биофизических данных тканей дают послойное объемное математическое описание структуры тела. Создаются семейства моделей для учета возрастных, гендерных и анатомических особенностей, так одна из наиболее проработанных моделей построена международным коллективом исследователей и изложена в работе Christ et al. (2010). Группа виртуальных моделей включает математически описанное анатомически правильное тело человека для взрослого мужчины (34 лет), взрослой женщины (26 лет) и двоих детей (11-летняя девушка и 6-летний мальчик). Они построены на данных магнитно-резонансной томографии здоровых добровольцев. Более 80 различных типов ткани были выделены во время сегментации. Все ткани и органы были смоделированы в виде трехмерных (3D) неструктурированных триангулированных объектов поверхности, что дает высокую точность изображения индивидуальных особенностей организма. Это значительно улучшает гибкость и точность в отношении тонких слоев тканей и органов

по сравнению с традиционным воксельным представлением анатомических моделей. Рисунок 22 показывает обобщенное изображение некоторых моделей.

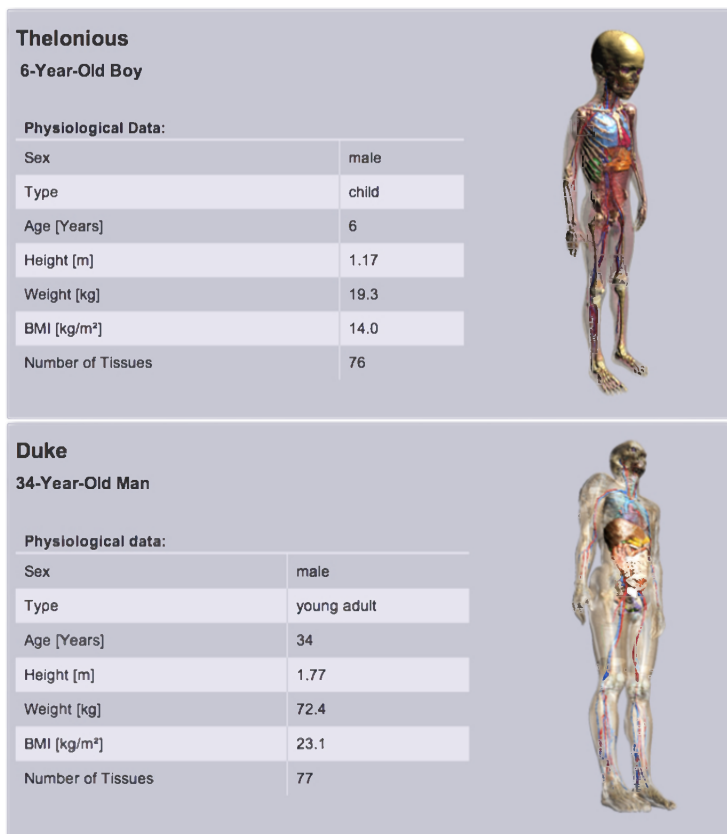


Рисунок 22 – Общий вид расчетных анатомических моделей 6-летнего мальчика и 34-летнего мужчины (по данным Christ et al., 2010)

Таким образом, современные расчетные методы позволяют в значительной мере моделировать многие биологические процессы, тем самым, стимулируя переход от экспериментальной к “виртуальной” экспериментальной среде.

К настоящему времени разработан ряд экспериментальных методов дозиметрии на фантомах, моделирующих тела биологических объектов. Экспериментальные методы способствуют определению реальных характеристик среды и реального распределения уровней ЭМП РЧ и

температуры с помощью соответствующих первичных преобразователей (Dimbylow, 1999; Kuster, 1997; Pokovic et al., 2000).

Экспериментальное определение распределения МПД в фантомах основывается на измерении напряженности электрического поля E и температурных измерениях.

Система дозиметрического контроля должна отвечать следующим требованиям (Кинг, Смит, 1984; Kuster, 1997):

1. В подвергаемой воздействию части тела должно быть определено трехмерное распределение МПД. В сложных фантомах максимальное значение МПД может быть зафиксирована в любой ткани, т.о. должна быть предусмотрена возможность нахождения значений МПД во всех типах тканей.
2. Измерения должны проводиться только в той части тела, в которой возникает максимальная локальная МПД.
3. Система должна гарантировать точные, усредненные по времени значения МПД для различных случаев воздействия;
4. Необходимо избегать существенного влияния внешних источников на измерения МПД.

Измерения величины МПД являются косвенными и осуществляются в основном путем измерения действующих значений напряженности электрического поля E с помощью миниатюрной антенны-преобразователя в тканезквивалентном материале, помещенном в оболочку фантома с последующим расчетом значений МПД (максимального и максимального усредненного по 10 г ткани).

Испытательный стенд для проведения измерений МПД должен состоять из фантома, измерительной антенны-преобразователя, системы сбора и обработки данных измерений, сканирующей системы, держателя для АТ и ИБС.

В целях предупреждения внешних электромагнитных помех, измерения должны проводиться в экранированном, полностью либо частично, безэховом лабораторном помещении. Фоновые значения МПД в диапазоне частот 300–6000 МГц в лабораторном помещении не должны превышать нижнего предела измерений применяемой измерительной системы.

Для выведения АТ в режим максимальной мощности излучения, так же как при измерениях ППЭ в свободном пространстве, должен быть использован ИБС соответствующего стандарта радиосвязи. Антенна ИБС должна располагаться на расстоянии не менее 0,5 м от АТ. Работа ИБС не должна влиять на точность измерения значений напряженности электрического поля E .

Для проведения измерений должны быть использованы изотропные антенны-преобразователи действующих значений напряженности электрического поля E . Максимальный линейный размер активной части антенны-преобразователя не должен превышать 10 мм. Рабочий диапазон частот антенны-преобразователя должен соответствовать рабочему

диапазону частот испытываемого АТ. Минимальный диапазон измеряемой величины МПД должен составлять от 0,1 до 10 значений предельно допустимого уровня, установленного соответствующим нормативным документом. Основная относительная погрешность измерений антенны-преобразователя не должна превышать $\pm 1,5$ дБ.

Для проведения измерений величины МПД должен быть использован фантом типа SAM, стандартизованный для этих целей Международной электротехнической комиссией (стандарт IEC 62209-1) – см. рисунок 23. Размер, форма и электрофизические свойства материалов фантома имитируют голову крупного взрослого мужчины, ушам фантома придана плоская форма. Измерения производятся внутри двух отдельных половин фантома (правой и левой).

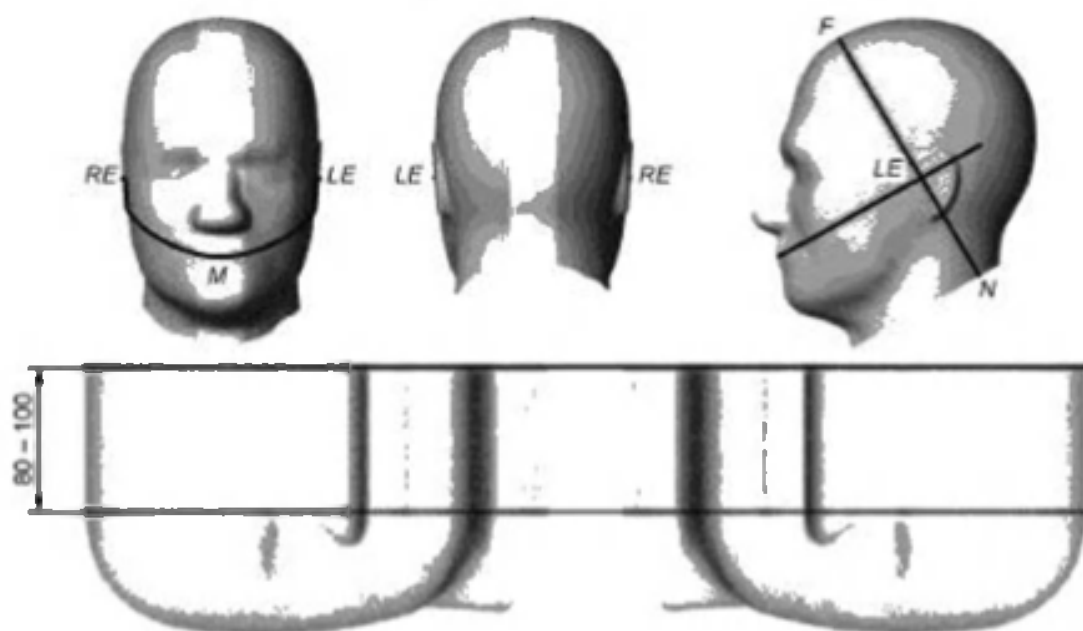


Рисунок 23 – Внешний вид фантома типа SAM

Оболочка фантома должна быть изготовлена из диэлектрического материала со значениями относительной диэлектрической проницаемости $\epsilon \leq 5$ и тангенса диэлектрических потерь $\text{tg } \delta \leq 0,05$, химически устойчивого ко всем компонентам тканезквивалентного материала. Толщина оболочки фантома должна составлять $2,0 \pm 0,2$ мм, кроме места расположения ушей, где толщина оболочки должна составлять $6,0 \pm 0,2$ мм.

Для повторяемости позиционирования АТ при проведении испытаний на внешнюю сторону оболочки фантома наносятся точки размещения ушных проходов и ротового отверстия (опорные точки).

Электрофизические свойства тканезквивалентного материала, которым заполняется оболочка фантома – относительная диэлектрическая проницаемость ϵ и удельная электрическая проводимость σ – должны соответствовать аналогичным усредненным характеристикам тканей

головы человека Для оценки трехмерного распределения значений МПД в фантоме, сканирующая система должна обеспечивать сканирование полного объема фантома. Минимальный шаг позиционирования антенны-преобразователя в заданной точке фантома (дискретность установки) должен составлять не более 1 мм с точностью $\pm 0,2$ мм. Элементы сканирующей системы не должны влиять на точность измерения значений напряженности электрического поля E . В общем виде установка в составе фантома, сканирующей системы и управляющего компьютера приведена на рисунке 24.

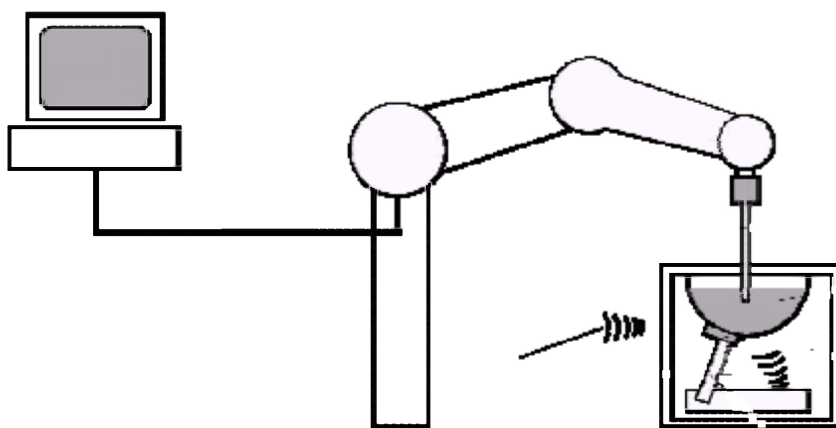


Рисунок 24 – Упрощенная схема испытательного стенда для определения величины МПД в гомогенном фантоме головы человека

На основании результатов измерений пространственного распределения значений напряженности электрического поля E в каждой точке измерений рассчитывается значение МПД, используя соотношение (11).

Из полученного массива расчетных данных выбирается точка измерений с наибольшим значением МПД. Данное значение должно быть занесено в протокол как максимальное значение МПД. Максимальное усредненное по 10 г тканеэквивалентного материала значение МПД определяется путем нахождения максимума при усреднении расчетных значений МПД в объеме куба 10 см^3 (длина сторон куба около 21,5 мм). Принимается, что значение плотности тканеэквивалентного материала ρ составляет 1000 кг/м^3

Пример измерительной системы для измерения параметров ЭМП РЧ ближней зоны приведен на рисунке 25. Это автономный мультисканальный высокоточный измерительный комплекс для измерений и мониторинга поля ближней зоны и контроля значений МПД.

Комплекс оснащается четырьмя миниатюрными первичными преобразователями: электрического поля, магнитного поля, МПД в тканях/фантоме и температуры. Заявленные производителем характеристики приведены в таблице 12.



Рисунок 25 – Общий вид измерительного комплекса EASY-4 производства компании "SPEAG" (Швейцария) для контроля ЭМП РЧ ближней зоны и определения МПД

Таблица 12 – Основные технические характеристики штатных измерительных преобразователей комплекса EASY-4

№ п/п	Антенна-преобразователь	Частотный диапазон	Динамический диапазон	Пространственное разрешение	Анизотропность
1	Электрическое поле	100–6000 МГц	2–1000 В/м	< 7 мм	< ±0,3 дБ
2	Магнитное поле	200–3000 МГц	10–2000 мА/м (на 1 ГГц)	< 4 мм	< ±0,4 дБ
3	МПД	10–6000 МГц	5 мкВт/г – 1000 мВт/г	2,5–7 мм	< ±0,3 дБ
4	Температура	–	0–60 °С	0,1 мм	–

Несмотря на то, что в настоящее время гигиенические нормативы для оценки интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ сотовой радиосвязи, с использованием величины МПД в России не разработаны, заключение формула для анализа соответствия нормативному значению в общем виде выглядит следующим образом:

$$\text{МПД}_{\max} + \Delta\text{МПД}_{\max} \leq \text{ПДУ} \quad (13)$$

где: МПД_{\max} – максимальное или усредненное по 10 г тканезквивалентного материала значение МПД, Вт/кг, полученное для всех частотных каналов и стандартов радиосвязи, поддерживаемых АТ; $\Delta\text{МПД}_{\max}$ – абсолютное значение погрешности (неопределенности) оценки значения МПД, Вт/кг; ПДУ – соответствующий предельно допустимый уровень мощности поглощенной дозы, Вт/кг.

В таблице 13 приведены результаты измерений интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ различных моделей, находившихся в продаже после 2000 г., а также значения МПД для этих же моделей, полученные по данным производителей. Контроль значений *ППЭ* выполнены испытательной лабораторией Центра электромагнитной безопасности с соблюдением изложенных выше методических требований. Все данные приведены для стандарта GSM-900 с учетом погрешности СИ. Измерения выполнялись на средних каналах полосы частот, выделенной для данного стандарта сотовой радиосвязи.

Таблица 13 – Значения *ППЭ* и МПД для АТ сотовой радиосвязи различных моделей

Модель АТ	Максимальные измеренные значения <i>ППЭ</i> , мкВт/см ²	МПД, усредненная по 10 г ткани, Вт/кг
Benefon Q	36,56	1,45
Nokia 3310	19,05	0,96
Nokia 3100	18,39	0,76
Nokia 6600	14,08	0,80
Nokia 6230	9,13	0,59
Nokia 5210	11,57	0,62
Nokia 6230	9,13	0,59
Nokia 8210	17,92	1,0
Samsung SGH-R210S	14,14	1,13
Samsung SGH-E600	8,78	0,837
Samsung SGH-X100	7,82	0,785
Siemens C35i	13,71	1,45
Siemens C55	10,85	0,49
Siemens C45	9,09	0,93
Siemens M35i	8,74	1,14
Siemens S35i	7,38	0,99
Siemens ME45	14,20	0,98
Siemens CX75	10,62	0,613
Motorola C-350	7,25	0,9
Motorola V-600	12,42	0,82
Motorola C-650	10,40	0,87
Motorola V-50F	21,65	1,19

Представленные в таблице 13 данные характеризуют максимальные значения интенсивности ЭМП РЧ для различных моделей АТ, измеренные двумя методами. Тем не менее, никакого совпадения по тенденциям нет – АТ может создавать значительные уровни *ППЭ*, но ему соответствует более

низкое значение МПД, чем у модели, имеющей невысокое значение ППЭ. Вместе с тем, эти данные мало характеризуют реальные условия воздействия в реальных условиях, поскольку каждый пользователь имеет индивидуальную экспозицию, определяемую режимом работы сети радиосвязи, в т.ч. режимом работы системы автоматической регулировки мощности АТ в зависимости от качества связи, продолжительностью использования АТ, а также повторяемостью использования.

Тем не менее, дозиметрическая оценка воздействия ЭМП РЧ по интенсивности падающего (неискаженного) поля является основной в действующих российских гигиенических нормативах. К важнейшему недостатку этого метода измерения ЭМП относится невозможность учитывать ряд основополагающих факторов, имеющих прямое отношение к биологическому действию ЭМП РЧ. Таким образом, интенсивность падающего неискаженного ЭМП РЧ не может являться исчерпывающей характеристикой поля при рассмотрении и исследовании причин возникновения тех или иных биологических эффектов, в частности при их нахождении в поле ближней зоны источника.

При использовании величины МПД учитываются распределение поглощения энергии; структура и мощность источника; искажения, вносимые телом; взаимодействие источника и облучаемого ЭМП РЧ биологического объекта. При определении значений МПД можно локализовывать места с максимальными значениями напряженности электрического или магнитного полей, поглощенной энергии внутри биообъекта. Это, в свою очередь, должно помочь определить характер возможного биологического ответа. Использование величины МПД представляется целесообразным в качестве дозиметрического параметра оценки воздействия при изучении биоэффектов ЭМП РЧ, прежде всего, ближней зоны. Данная величина хорошо отвечает "энергетической" концепции воздействия ЭМП РЧ на биологические объекты. Однако, при появлении новых данных о модификации биоэффектов ЭМП РЧ в зависимости от временных и спектральных характеристик сигнала (многочастотного или импульсного воздействия, модуляции и т.д.), возможно, потребуются отражение данного факта, например, использованием величины МПД только с дополнительными условиями.

Заключение

Настоящее пособие подготовлено на основании 15-летнего опыта научной и практической работы авторов в области гигиены и радиобиологии неионизирующих излучений. Мы одними из первых стали проводить планомерный инструментальный контроль интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого БС сотовой радиосвязи, на практике получая и обобщая данные о характеристиках ЭМО и стараясь отвечать на вопросы разгневанных или испуганных жителей окрестных домов, вместе с зарубежными коллегами изучали методы оценки поглощенной энергии, осуществляли арбитражные и сравнительные измерения АТ, организовали и провели в г. Москве под эгидой ВОЗ научную конференцию "Сотовая связь и здоровье" – то есть на своем опыте прошли все, о чем здесь написали.

Приведенные в книге данные характеризуют основное излучающее оборудование сотовой радиосвязи в целом как источник ЭМП РЧ. Каждый пользователь АТ находится в условиях комбинированного воздействия ЭМП РЧ ближней зоны антенны, воздействующего локально в основном на ткани головы человека, и общего облучения всего тела человека полем, создаваемым антеннами БС, как правило, с очень низкой интенсивностью. Действие источников этого типа является интермиттирующим, не контролируемым по продолжительности и повторяемости, не имеющим строгой локализации по поверхности и объему тела, не имеющим точной индивидуальной характеристики по интенсивности. Максимальные возможные значения не превышают 500 мкВт/см^2 для БС и 40 мкВт/см^2 для АТ (измерения выполнены по методикам согласно СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03). В то же время, интегральное значение МПД, так же как и суммарная ЭЭ, являются сугубо индивидуальными показателями для каждого человека, подвергающегося воздействию.

Все население нашей страны находится в контакте с ЭМП РЧ, создаваемого элементами подвижной радиосвязи, это уникальный источник, которому нет аналога ни по абсолютному охвату, ни по сложности стоящих научных вопросов, ни по общественному вниманию. Методы оценки и изучения, медико-биологические данные непрерывно накапливаются и совершенствуются, условия экспозиции изменяются и усложняются вместе с появлением новых стандартов и сервисов связи. Поэтому значение санитарно-эпидемиологического надзора именно за этими источниками крайне велико для сохранения здоровья населения России на перспективу нескольких поколений. Не все вопросы вошли в настоящее издание, многие еще не имеют достаточной научной и методической проработки. Например, программы расчетного прогнозирования ЭМО в нашей стране, как правило, не имеют метрологической аттестации и поэтому дают только ориентировочные показатели, что требует проведения обязательного инструментального контроля. Однако надеемся, что приведенных данных достаточно для понимания научно-методических основ и практического использования.

При возникновении сложных, конфликтных и нестандартных ситуаций авторы всегда готовы принять участие в их разрешении с тем, чтобы в дальнейшем использовать это в последующих изданиях как позитивный коллективный опыт.

Список сокращений

АТ – абонентский терминал
БС – базовая станция
ВДУ – временный допустимый уровень
ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ДН – диаграмма направленности
ИБС – имитатор базовой станции
МАИР – Международное агентство по исследованию рака
МПД – мощность поглощенной дозы, SAR
ПДУ – предельно допустимый уровень
ППЭ – плотность потока энергии
ПРТО – передающий радиотехнический объект
РРС – радиорелейная станция
РЧ – радиочастотный диапазон (3 кГц – 300 ГГц)
СИ – средство измерений
СИВ – суммарная интенсивность воздействия
УВЧ – диапазон ультравысоких частот (300 МГц – 3 ГГц)
ЭМО – электромагнитная обстановка
ЭМП – электромагнитное поле
ЭЭ – энергетическая экспозиция

Вопросы для самоконтроля

1. К объектам сотовой радиосвязи относятся:
 - a) БС и АТ;
 - b) БС и воздушные линии электропередачи;
 - c) АТ и переносные персональные компьютеры.

2. Объекты сотовой радиосвязи могут генерировать ЭМП РЧ в диапазоне:
 - a) от 300 МГц до 6 ГГц;
 - b) от 50 до 450 Гц;
 - c) от 300 МГц до 6 ГГц и 50 Гц.

3. Интенсивность ЭМП РЧ, создаваемого антеннами БС, не должна превышать в местах пребывания населения:
 - a) 10 мкВт/см²;
 - b) 100 мВт/см²;
 - c) 1000 мкВт/см².

4. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи" устанавливает санитарно-эпидемиологические требования к:
 - a) БС;
 - b) БС и АТ;
 - c) АТ и средствам визуального отображения информации.

5. Требования СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 является обязательным для:
 - a) граждан и индивидуальных предпринимателей;
 - b) территориальных подразделений Роспотребнадзора;
 - c) граждан, индивидуальных предпринимателей и юридических лиц.

6. При определении итогового значения интенсивности ЭМП РЧ для гигиенической оценки абсолютное значение основной погрешности измерений *ППЭ*:
 - a) возводится в квадрат и вносится в протокол;
 - b) прибавляется к измеренному значению *ППЭ*;
 - c) не учитывается.

7. Инструментальные измерения интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого БС, проводятся:
 - a) при любой погоде;
 - b) только в весенне-летний период при отсутствии осадков;
 - c) при значениях температуры окружающей среды и относительной влажности воздуха, соответствующим нормальным условиям использования средства измерения, и при отсутствии осадков.

8. В случае размещения антенн БС на кровле жилого здания, ожидаемые значения интенсивности ЭМП РЧ могут быть максимальными при измерениях:

- а) на крыше здания, на котором размещены антенны БС;
- б) на высоте 2 м от уровня земли на территории, примыкающей к зданию;
- с) в квартире на верхнем этаже здания, на котором размещены антенны.

9. Расчетные методы прогнозирования ЭМО при размещении БС в зоне жилой застройки:

- а) обеспечивают достоверные и однозначные данные для вынесения заключения о соответствии ЭМО требованиям СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03;
- б) носят предварительный характер, решение о соответствии ЭМО требованиям СанПиН выносится на основании результатов инструментальных измерений;
- с) используются для разработки территориально-частотного планирования и выбора методов коллективной защиты населения.

10. Количество БС сотовой радиосвязи в нашей стране:

- а) неизменно с 2009 г.;
- б) увеличивается с ростом плотности покрытия сотовой связью территорий;
- с) сокращается с введением новых стандартов связи.

11. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям воздействия ЭМП РЧ на персонал, обслуживающий оборудование БС:

- а) должны соответствовать требованиям нормативов для производственных условий;
- б) должны соответствовать требованиям нормативов для населения;
- с) не нормируются.

12. При разговоре по сотовому телефону без использования проводной гарнитуры, головы пользователя:

- а) не подвергается воздействию ЭМП РЧ;
- б) находится в ближней зоне ЭМП РЧ антенны сотового телефона;
- с) находится в дальней зоне ЭМП РЧ антенны сотового телефона.

13. Международное агентство по исследованию рака ВОЗ в 2011 г.:

- а) вынесла заключение о том, что ЭМП РЧ, создаваемое в том числе АТ сотовой радиосвязи, возможно, является канцерогенным для человека, что дало основание отнести этот фактор к классу канцерогенной опасности 2В;
- б) вынесла заключение о том, что ЭМП РЧ, создаваемое в том числе АТ сотовой радиосвязи, не является канцерогенным для человека;

с) не рассматривало влияние ЭМП РЧ на здоровье.

14. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03 впервые:

- а) регламентируют процедуру прохождения периодического медицинского осмотра; абонентов, использующих сотовый телефон более часа в день, не затрагивает вопросы ограничения использования абонентских терминалов;
- б) ввели рекомендацию о максимально возможном сокращении времени пользования АТ сотовой связи и рекомендовал ограничить возможность использования их лицами, не достигшими 18 лет, женщинами в период беременности, людьми, имеющими имплантированные водители ритмов.

15. Гигиеническая оценка интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, должна осуществляться по средним значениям плотности потока энергии ППЭ эквивалентной плоской волны, мкВт/см² при работе АТ:

- а) в текущем режиме, задаваемом сетью сотовой радиосвязи;
- б) в режиме максимальной мощности излучения, предусмотренной производителем АТ;
- с) в режиме минимальной мощности излучения.

16. Для выведения АТ в режим максимальной мощности излучения используется

- а) БС оператора сотовой связи;
- б) анализатор спектра;
- с) ИБС соответствующего стандарта сотовой радиосвязи.

17. Измерения интенсивности ЭМП РЧ, создаваемого АТ, производят в:

- а) в условиях свободного пространства;
- б) в безэховых камерах, оснащенных электромагнитным экраном, в которых фоновые значения ППЭ в диапазоне частот 300–6000 МГц не превышают 0,3 мкВт/см²
- с) в помещении, максимально приближенном к БС оператора сотовой радиосвязи.

18. В действующих российских гигиенических нормативах основным дозиметрическим методом оценки воздействия ЭМП УВЧ диапазона является:

- а) дозиметрическая оценка поглощенной в тканях электромагнитной энергии;
- б) дозиметрическая оценка температурных изменений в тканях, вызванных поглощением электромагнитной энергии;
- с) дозиметрическая оценка по интенсивности падающего (неискаженного) ЭМП.

19. Индивидуальная ЭЭ пользователя сотового телефона определяется в большей степени:

- а) режимом работы сети связи, которая регулирует выходную мощность АТ в зависимости от условий связи в данной точке, продолжительностью использования АТ, а также повторяемостью использования;
- б) моделью АТ;
- в) расположением сотового телефона относительно головы пользователя в период ночного отдыха.

20. Величина МПД характеризует:

- а) поглощенную энергию воздействующего на объект ЭМП РЧ в диапазоне частот 100 кГц – 10 ГГц;
- б) удельную величину теплового нагрева биологической ткани;
- в) градиент ППЭ.

Правильные ответы:

1 – а, 2 – в, 3 – а, 4 – б, 5 – в, 6 – б, 7 – в, 8 – а, 9 – б, 10 – б, 11 – а, 12 – б, 13 – а, 14 – б, 15 – б, 16 – в, 17 – б, 18 – в, 19 – а, 20 – а.

Литература

1. Atanasova G., Atanasov N. An investigation of EMF power density distribution from GSM/UMTS base stations in urban area. / The 6th international workshop on biological effects of electromagnetic fields, 10th–14th October 2010, Turkey.
2. Baker M. LTE-Advanced Physical Layer. / REV-090003r1 IMT-Advanced Evaluation Workshop, 17–18 December, 2009, Beijing.
3. Baltrenas P., Buckus R. Indoor measurements of the power density close to mobile station antenna. / The 8th international conference of environmental engineering. Selected papers. May 19–20, 2011, Vilnius Gediminas technical university, Vilnius, Lithuania. – P. 16–21.
4. Balzano Q. RF dosimetry for epidemiology of the users of portable communication device / Proceed. 5th COST 244bis Workshop: RF Exposure Assessment of Epidemiological studies. Zagreb, 1998. P. 48–58.
5. Bianchi C., Meloni A. Natural and man-made terrestrial electromagnetic noise: an outlook. // Annals of Geophysics, vol. 50, n. 3, June 2007. – P. 435–445.
6. Christ A., Andreas, Kainz et al. The Virtual Family – development of surface-based anatomical models of two adults and two children for dosimetric simulations. // Phys. Med. Biol., vol. 55, n. 23, 2010.
7. Crespo-Valero P., Christopoulou M., Zefferer M. et al. Novel methodology to characterize electromagnetic exposure of the brain // Phys. Med. Biol., vol. 56, 2011. – P. 383–396.
8. Dimbylow P., Mann S. Characterization of energy deposition in the head from cellular phones // Radiation Protection Dosimetry, 1999, vol. 83, nos. 1–2. – P. 139–141.
9. Durney C.H., Massoudi H., Iskander M.F. Radiofrequency radiation dosimetry handbook. – SaltLake City: The University of Utah, 1986. – 510 p.
10. Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the Specific Absorption Rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity of the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz) IEC 62209-1. – Geneva: IEC, 2005. – 236 p.
11. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). // Health Physics vol. 74 (4), 1998. – P. 494–522 (<http://www.icnirp.org/>).
12. IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless Communications Devices: Measurement Techniques ANSI/IEEE 1528–2003. – New York, NY: IEEE, 2003. – 158 p.

13. Kuster N. Dosimetry of RF laboratory experiment // Abstract book. Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. June 8–13, 1997, Bologna, Italy. – P. 33–34.
14. Oliveira C., Sebastiao D., Carpinteiro G. et al. The moniT project: electromagnetic radiation exposure assessment in mobile communications. // IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 49, issue 1, 2007. – P. 44–53.
15. Osepchuk J.M., Petersen R.C. Safety standards for exposure to electromagnetic fields. // IEEE Microwave Magazine, vol. 2, 2001. – P. 57–69.
16. Pokovic K., Burkhardt M., Schmid T., Kuster N. Radio frequency radiation dosimetry and its relationship to the biological effects of electromagnetic fields. – Dordrecht: Kluwer academic publishers, 2000.
17. Repacholi M.H. Sources and applications of radiofrequency and microwave energy. / In: Grandolfo, M., Michaelson, S.M., & Rindi, R. (eds). Biological effects and dosimetry of nonionizing radiation: radiofrequency and microwave energies. – New York, London: Plenum Press, 1983. – P. 19–41.
18. Rowley J. Wireless networks – regulatory good practice. // Proceedings of the WHO International Workshop on Base Stations and Wireless Networks: Exposures and Health Consequences. Switzerland, Geneva, June 15-16, 2005. – P. 145–156.
19. Shachar A., Hareuveny R., Margaliot M., Shani G. Environmental radio frequency radiation (RFR) levels in Israel. / The 22nd Conference of the nuclear Societies in Israel, 2004.
20. Tell P., Mentipli E. Облучение населения ОВЧ- и УВЧ- сигналами широкоэмиттерных станций США. // ТИИЭР. Биологические эффекты электромагнитной энергии и медицина. 1980, т. 68. – С. 8–15.
21. Tomitsch J., Dechant E. Trends in residential exposure to electromagnetic fields from 2006 to 2009 // Radiat. Prot. Dosimetry doi: 10.1093/rpd/ncr325. First published online: August 8, 2011.
22. www.mmfa.org.
23. Анализ соотношений экспозиционной дозы падающей и поглощенной энергии электромагнитного поля в условиях лабораторного эксперимента (для российско-французского иммунологического проекта). / Отчет по проекту МНТЦ #3629р. – М.: ИБФ ФМБА России, 2007.
24. Варецкий В. В., Дьяченко В. Н., Руднев М. И., Галич Л. Н., Басен Х. Условия облучения и дозиметрии при изучении биологического действия неионизирующей радиации микроволнового диапазона. // Гигиена и санитария. 1985. № 10. – С. 41–43.
25. Вопросы биологического действия и гигиенического нормирования электромагнитных полей, создаваемых средствами

- мобильной связи / Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Рубцова Н.Б. и др. // Медицина труда и пром. экология. 2002. № 9. – С. 10–18.
26. Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами № 2963-84. – М.: Минздрав СССР, 1984. – 16 с.
27. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383–03. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 2003. – 22 с.
28. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190–03. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 2003. – 27 с.
29. Главный радиочастотный центр (http://www.rfs-rf.ru/grfc/uslugi/terrestrial_mobile_service/index.htm).
30. Григорьев О.А. Возможное отдаленное влияние электромагнитных полей базовых станций подвижной радиосвязи на население и биосистемы. / Материалы 6-ого международного симпозиума по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии 21–24 июня 2005 г. С.Петербург – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2005. – С. 283–287.
31. Григорьев О.А. О санитарно-эпидемиологической оценке абонентских терминалов сотовой радиосвязи. // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2004–2005 гг. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2006. – С. 40–48.
32. Григорьев О.А. Электромагнитная безопасность городского населения: характеристика современных источников ЭМП и оценка их опасности. / В сб. "Электромагнитные поля и население: Сборник статей / Под общей ред. проф. Ю.Г. Григорьева. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 76–93.
33. Григорьев О.А., Григорьев Ю.Г., Меркулов А.В., Григорьев К.А. Базовые станции подвижной радиосвязи и безопасность населения: общая ситуация в России. // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений за 2004–2005 гг. – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2006. – С. 31–36.
34. Григорьев О.А., Меркулов А.В. Электромагнитная безопасность для населения базовых станций системы сотовой радиосвязи. / Материалы научно-практической конференции "Электромагнитная безопасность. Проблемы и пути решения". Саратов, 2000. – С. 13–14.
35. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьев А.А. Анализ практического применения методики санитарно-эпидемиологических испытаний абонентских терминалов сотовой

радиосвязи. // Сборник докладов девятой Российской научно-технической конференции по электромагнитной совместимости технических средств и электромагнитной безопасности ЭМС–2006. – СПб: ВИТУ, 2006. – С. 632–634.

36. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Воробьёв А.А. Пути совершенствования методики санитарно-эпидемиологических испытаний абонентских терминалов сотовой радиосвязи. / В сб. "Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 2007". – М.: Изд-во АЛЛАНА, 2007. – С. 103–109.
37. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Степанов В.С. Электромагнитная обстановка вблизи базовых станций сотовой связи: гигиеническая оценка на основе многолетних измерений. / В сб. "Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты Материалы международной научно-практической конференции 20–22 сентября 2004 г., г. Москва. Материалы заседания Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений 26 февраля 2004 г., г. Москва. – С. 134–144.
38. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Темников А.Г. Оценка электромагнитной обстановки в районах размещения базовых станций системы сотовой радиосвязи. / Электромагнитные поля и здоровье человека: Материалы 2-й междунар. конф. "Пробл. электромагн. безопасности человека. Фундамент. и прикл. исслед. Нормирование ЭМП: философия, критерии и гармонизация", 20–24 сент. 1999 г., Москва. – М.: 1999. – С. 114–115.
39. Григорьев О.А., Меркулов А.В., Харламов Г.А. Опыт проведения инструментального контроля интенсивности электромагнитного поля в местах размещения базовых станций системы сотовой радиосвязи на территории г. Москва. / Материалы 3-й междунар. конф. "Электромагнитные поля и здоровье человека. Фундаментальные и прикладные исследования", 17-24 сент. 2002 г., Москва - С.-Петербург. - М.: 2002. – С. 104–106.
40. Григорьев О.А., Чекмарев О.М., Симонова С.Н., Меркулов А.В. Элементы системы сотовой радиотелефонной связи как объект санитарно-гигиенического надзора. // Кремлевская медицина. Клинический вестник, 2001, № 4. – С. 30–34.
41. Думанский Ю.Д., Сердюк А.М., Лось И.П. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. – Киев: Здоровья, 1975. – 159 с.
42. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). – 2-е изд., испр. – М.: ФЦ ГиЭ Роспотребнадзора, 2010. – 707 с.

- 43.Измерение информационного общества. Доклад Международного союза электросвязи, 2011, Geneva, Switzerland (www.itu.int).
- 44.Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи: Методические указания. – М.: ФЦ ГиЭ Роспотребнадзора, 2009. – 11 с.
- 45.Кинг Р., Смит Г. Антенны в материальных средах: В 2-х книгах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 824 с.
- 46.Кузнецов А.Н. Биофизика электромагнитных воздействий: основы дозиметрии. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 256 с.
- 47.Меркулов А.В., Григорьев О.А. К проблеме обеспечения электромагнитной безопасности персонала, связанного с эксплуатацией передающих радиотехнических объектов // Медицина труда: реализация глобального плана действий по здоровью работающих на 2008–2017 гг.: Материалы всероссийской конференции с международным участием / Под ред. акад. РАМН Н.Ф. Измерова. – М.: МГИУ, 2008.
- 48.Определение плотности потока электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц. Методические указания МУК 4.3.1167–02. – М.: ФЦ ГСЭН Минздрава России, 2002. – 80 с.
- 49.Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи. Методические указания МУК 4.3.1677–03. – М.: ФЦ ГСЭН Минздрава России, 2003. – 36 с.
- 50.Петин В.Г., Григорьев О.А., Меркулов А.В., Григорьев Ю.Г., Труханов К.А. О некоторых терминах в области дозиметрии электромагнитного поля радиочастного диапазона. // Радиобиология. Радиоэкология, 2012. В печати.
- 51.Порядок подготовки и оформления санитарно-эпидемиологических заключений на передающие радиотехнические объекты. Методические указания МУ 4.3.2320–08. – М.: ФЦ ГиЭ Роспотребнадзора, 2008. -
- 52.Пресс-релиз Международного союза электросвязи от 19 октября 2010 г., Geneva, Switzerland (www.itu.int/newsroom).
- 53.Применение численных методов к вычислению внутренних полей в блочных моделях биологических объектов. / Отчет о научно-исследовательской работе инв. № Б19N6. – М.: ИБФ МЗ СССР, 1986. – 54 с.
- 54.Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П. Новое в гигиеническом нормировании ЭМП, создаваемых системами сотовой связи в РФ // в сб. Сотовая связь и здоровье: медико-биологические и социальные аспекты. Материалы международной научно-практической конференции 20-22 сент. 2004 г., Москва. Материалы заседания Российского

- национального комитета по защите от неионизирующих излучений
26 февр. 2004 г. Москва // М. Изд-во АЛЛАНА, 2004. – С. 159–160.
55. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96. – М.: ФЦГСЭН Минздрава России, 1996.
56. Сердюк А.М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды. – Киев: Наукова думка, 1977. – 228 с.
57. Телл Р.А., Мэнтипли Э.Д. Облучение населения ОВЧ- и УВЧ- сигналами широкоэмиттерных станций США. / В кн.: Тр. ин-та инженеров по электротехнике и радиоэлектронике "ТИИЭР : Пер. с англ. – М.: Мир, 1980, Т. 68, № 1. – С. 8–15.
58. Тигранян Р.Э. Физико-техническая практика биологического эксперимента с СВЧ излучением. – Пущино: Научный центр биологических исследований АН СССР, 1985. – 130 с.
59. Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин: Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с.
60. Тяжелова В.Г., Тяжелов В.В., Акоев И.Г. Количественный подход к оценке эквивалентных низкоуровневых интенсивностей электромагнитного облучения различных млекопитающих. // Изв. АН СССР: Сер. биол. 1984. № 3. – С. 418–426.
61. Хасьянова Г.Ш. Доклад "Перспективы развития сетей 4G", Союз операторов связи LTE, декабрь 2011 г.

Сведения об авторах

Олег Александрович Григорьев – кандидат биологических наук, заведующий отделом неионизирующих излучений ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, доцент кафедры медицины труда, гигиены и профпатологии ИППО ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, эксперт ФМБА России в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, заместитель председателя Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, член международного научно-консультативного комитета проекта по электромагнитным полям Всемирной организации здравоохранения, автор и соавтор более 70 научных публикаций, участник разработки нормативно-методических документов.

Антон Владимирович Меркулов – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, доцент кафедры медицины труда, гигиены и профпатологии ИППО ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, эксперт ФМБА России в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, член Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений, член Биоэлектромагнитного общества, автор и соавтор более 50 научных публикаций, участник разработки нормативно-методических документов.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность ведущему инженеру Испытательной лаборатории Центра электромагнитной безопасности А.А. Воробьеву и генеральному директору рязанского филиала компании "West Call" Ю.А. Канушкину за плодотворное сотрудничество на этапе сбора и обработки данных инструментального контроля, и ассистенту кафедры медицины труда, гигиены и профпатологии ИППО ФГБУ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России В.А. Алексеевой за помощь в подготовке издания на всех этапах.

Мы чрезвычайно признательны за ценные советы и рекомендации рецензентам – председателю Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений профессору, доктору медицинских наук Ю.Г. Григорьеву и профессору, доктору биологических наук С.Н. Лукьяновой.