Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование Российской Федерации

2.1.10 СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В СВЯЗИ С СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЯМИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ (ДО 300 ГГЦ) В УСЛОВИЯХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Методические рекомендации
МР 2.1.10.0061-12

Москва
2012

gost.e-ecolog.ru

Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГЦ) в условиях населенных мест - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 29 с.

Разработаны: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Г.Г.Онищенко, А.С. Гуськов, С.М.Черненко), Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур, Д.А. Кирьянов, С.В.Клейн, С.А.Вековшинина, В.М. Чигвинцев, М.Ю. Цинкер, С.В.Фарносова), Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» (А.И. Верешагин, М.В.Калиновская), Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю (А.С. Сбоев, В.А. Хорошавин, В.Г.Костарев), Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Свердловской области (С.В.Кузьмин, О.Л. Малых), Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по г.Санкт-Петербургу (А.В.Мельцер),ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» (Чашин В.П.), Управление Федеральной службы в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Липецкой области (С.В. Двоеглазова), ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (П.В. Трусов).

Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко «_13_»_апреля_ 2012 г.

Введены в действие с «_13_»_апреля__2012 г.

Введены впервые.

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения и сокращения 4

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 5

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ 6

3.ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ 7

4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ 8

5. ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТЕЙ «ЭКСПОЗИЦИЯ-ОТВЕТ» 9

6. ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ 13

7. ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА 14

8. ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ 18

9. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ РИСКА ЛИЦАМ, ПРИНИМАЮЩИМ РЕШЕНИЯ 18

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 20

ПРИЛОЖЕНИЯ 24

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВЕЛИЧИНА	ОБОЗНАЧЕНИЕ	РАЗМЕРНОСТЬ
Электропроводность	Σ	Сименс на метр (См $м^{-1}$)
Величина электрического тока	*I*	Ампер (А)
Плотность электрического тока	**J**	Ампер на кв. метр (А $м^{-2}$)
Частота	*F*	Герц (Гц)
Напряженность электрического поля	**E**	Вольт на метр (В $м^{-1}$)
Напряженность магнитного поля	**H**	Ампер на метр (А $м^{-1}$)
Плотность магнитного потока	**B**	Тесла (Тл)
Магнитная проницаемость	**M**	Генри на метр (Гн $м^{-1}$)
Диэлектрическая проницаемость	**E**	Фарад на метр (Ф $м^{-1}$)
Плотность потока энергии	**S**	Ватт на кв. метр (Вт $м^{-2}$)
Удельная поглощенная мощность	**SAR**	Ватт на килограмм (Вт $кг^{-1}$)

Сокращения

ГОСТ	Государственный стандарт
ЛЭП	Линии электропередачи
МУК	Методические указания по контролю
ПДУ	Предельно-допустимый уровень
РЛС	Радиолокационная станция
ЭМП	Электромагнитное поле
ЭМИ	Электромагнитное излучение

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный санитарный
врач Российской Федерации

_____ Г.Г. Онищенко

«__13_»___апреля _2012 г.
Дата введения с момента утверждения

2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения

Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГЦ) в условиях населенных мест

Методические рекомендации
МР 2.1.10.0061- 12

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. В настоящих методических рекомендациях приведены подходы к определению риска здоровью населения при воздействии переменных электромагнитных полей разной интенсивности в условиях населенных мест[1].

1.2. Рекомендации предназначены для органов и организаций Федеральной службы по защите прав потребителей и благополучия человека, а также научно-исследовательских и других организаций, занимающихся оценкой риска для здоровья населения в связи с негативным воздействием факторов среды обитания.

1.3. Оценка риска для здоровья при воздействии электромагнитных полей в условиях населенных мест выполняется с целью:

– оценки потенциальной опасности жизни и здоровью человека при выявляемой экспозиции физических факторов;

– прогноза изменения санитарно-гигиенической ситуации в условиях стабилизации или изменении уровней воздействия на население вредных факторов среды обитания;

– обоснования санитарно-гигиенических (профилактических) мероприятий по снижению рисков нарушения здоровья под воздействием физических факторов.

---

[1] Мест постоянного обитания населения, включая сезонное пребывание.

1.4. Основой для разработки методических рекомендаций явились разработки Международного комитета по неионизирующему излучению (INIRC) и отдела по защите окружающей среды Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) в рамках программы по разработке критериев защиты здоровья человека от воздействия различных факторов окружающей среды.

1.5. Методические рекомендации не распространяются на производственные процессы, для которых регламентируется воздействие ЭМП, на процессы, связанные с экспозицией от эффектов интерференции или воздействия полей на электронные стимуляторы и дефибрилляторы сердца, имплантированные слуховые аппараты, металлические протезы и пр. Не рассматриваются вопросы, связанные с эффектами и ограничениями воздействия токов прикосновения.

1.6. Положения методических рекомендаций могут быть использованы при:

– проведении гигиенических оценок, исследований, экспертиз электромагнитной ситуации,

– ранжировании территорий по уровням риска при воздействии ЭМП в связи с его значимостью для здоровья;

– оценке потенциального вреда, причиненного здоровью человека;

– планировании санитарно-гигиенических мероприятий, в том числе мер по управлению риском здоровью;

– обеспечении объективной информацией об уровнях риска лиц, участвующих в принятии управленческих решений, населения, общественных организаций.

1.7. Используемые в методических рекомендациях термины и определения приведены в приложении 1.

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

2.2. Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

2.3. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.11.1997 №25 и Главного инспектора Российской Федерации по охране природы от 10.11.1997 № 03-19/24-3483 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации».

2.4. МСанПиН 001-96 «Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях. Межгосударственные санитарные правила и нормы».

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

2.6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

2.7. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов».

2.8. Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи

переменного тока промышленной частоты (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 23.02.1984 № 2971-84).

2.9. Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 16.02.1983 № 2666-83).

2.10. Предельно допустимые уровни напряженности электромагнитного поля, создаваемого индукционными бытовыми печами, работающими на частоте 20–22 кГц (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 10.06.1982 № 2550-82).

2.11. Предельно допустимый уровень плотности потока импульсной электромагнитной энергии, создаваемой метеорологическими радиолокаторами 17 см волн в прерывистом режиме воздействия на население (утв. заместителем Главного государственного санитарного врача СССР 02.01.1984 № 2958-84).

2.12. СН 4946-89 «Санитарные правила предельно допустимых уровней напряженности электромагнитного поля НЧ, СЧ, ВЧ и ОВЧ диапазонов, излучаемого радиосвязными средствами аэропортов гражданской авиации».

2.13. ГОСТ Р 54148-2010 (EN 50366:2003) «Воздействие на человека электромагнитных полей от бытовых и аналогичных электрических приборов. Методы оценки и измерений».

2.14. Настоящее методические рекомендации гармонизированы со следующими международными документами:

– Директива ЕС 2006/95/EC On the harmonisation of the laws of the member states relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits (О гармонизации законодательных актов государств-членов, относящихся к электрическому оборудованию, сконструированному для использования при определенных пределах напряжения);

– Директива ЕС 1999/519/EC On the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (Об ограничении воздействия электромагнитных полей на население (полоса частот от 0 Гц до 300 ГГц);

– ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). (руководства МКЗНИ по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электрических и электромагнитных полей до 300 ГГц).

3. ОБЩИЙ АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

3.1. Общий алгоритм оценки риска для здоровья населения при воздействии ЭМИ включает в себя этапы:

- идентификация опасности;
- оценка зависимостей «экспозиция-ответ»;
- оценка экспозиции;
- характеристика риска;
- оценка неопределенности;
- подготовка данных для информирования о рисках, в том числе для лиц, принимающих решения.

3.2. Каждый этап оценки риска завершается промежуточными результатами,

которые имеют самостоятельную ценность и могут использоваться для решения различных задач и принятия управленческих решений.

4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНОСТИ

4.1. Этап «идентификация опасности» предусматривает выявление и максимально полный сбор и анализ исходной информации об источниках электромагнитного воздействия на население на исследуемой территории с учетом частотных характеристик излучения, времени работы источников, количества экспонируемого населения и вероятных ответов на воздействие.

4.2. Основными источниками информации являются проектная и техническая документация, паспорта источников электромагнитного излучения, результаты ранее проведенных исследований, экспертиз, санитарно-эпидемиологические заключения на размещение передающих радиотехнических объектов, аналитические обзоры, отчеты, справочники и т.п.;

4.3. Задачей этапа идентификации опасности является определение основных контингентов, подвергающихся электромагнитному воздействию, вероятных изменений состояния здоровья при установленных характеристиках воздействия и определение приоритетных источников ЭМИ. Результаты идентификации на последующих этапах используются для выбора и оценки зависимостей «экспозиция-ответ», оценки экспозиции, формирования плана последующих исследований и т.п.

4.4. На этапе идентификации опасности осуществляется оценка полноты и достоверности имеющихся данных об уровнях ЭМИ на исследуемой территории, и наличие сведений о количественных критериях, требуемых для последующего анализа риска для здоровья.

4.5. Типовыми антропогенными источниками ЭМИ, формирующими воздействие в условиях населенных мест являются все источники колебательных контуров и генераторы волн. Группировка объектов по частотам излучения выполняется в соответствии с общепринятой классификацией (табл. 1).

Таблица 1

Диапазон частот и тип устройства или услуги источника электромагнитного излучения

Частотный диапазон	Частота	Тип устройства или сервиса (службы)
0 – 30 кГц	НЧ (сверх-низкие)	Индукционные печи, видеодисплейные терминалы персональных электронно-вычислительных машин, бытовые электроприборы , линии электропередачи
30 - 300 кГц	НЧ (низкие)	Низкочастотное вещание и длинноволновое радио
300 - 3000 кГц	СЧ (средние)	Средневолновое радио, радионавигация, связь с кораблями
3 - 30 МГц	ВЧ (высокие)	Высокочастотное радио, любительское радио, высокочастотная радиосвязь и вещание
30 - 300 Мгц	ОВЧ (очень высокие)	FM-радио, телевидение, связь аварийно-спасательных служб
300 – 3000 МГц	УВЧ	УВЧ-телевидение, пейджинговая связь,

Частотный диапазон	Частота	Тип устройства или сервиса (службы)
	(ультравысокие)	мобильные телефоны, любительские радиостанции
3 -30 ГГц	СВЧ (сверхвысокие)	Микроволновые печи, спутниковая связь, радиолокация, сверхвысокочастотные точка-точка, беспроводная Wi-Fi-связь
30 - 300 ГГц	КВЧ (крайне высокие)	Радары, радиолокация, радиоастрономия, высокоскоростная радиорелейная связь

Данные подлежат экспертной оценке и корректировке с позиций полноты учета источников ЭМИ, корректности исходных электромагнитных параметров и мест расположения отдельных источников

4.6. Оптимальным является нанесение всех источников ЭМИ на электронную карту населенного пункта для разработки электромагнитной карты территории радиочастотного диапазона с возможностью анализа и моделирования различных ситуаций и сценариев изменения электромагнитных полей.

4.7. Электронная карта территории должна позволять оценивать численность населения, находящегося под воздействием определенного уровня. Целесообразным является сбор и привязка к карте данных, позволяющих оценить поло-возрастной состав экспонируемого населения.

4.8. При идентификации опасности следует учитывать все виды эффектов, которые в соответствие с современными научными данными могут формироваться у населения вод воздействием ЭМИ разной частоты[2]. Обобщенные данные по видам эффектов приведены в приложении 2.

4.9. Результатом этапа является обобщенная и систематизированная информация о вероятных источниках электромагнитного воздействия, параметрах излучения, местах размещения источников относительно жилой застройки, численности населения, потенциально подверженного воздействию, и вероятных ожидаемых эффектах для здоровья.

5. ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТЕЙ «ЭКСПОЗИЦИЯ-ОТВЕТ»

5.1. Этап анализа зависимости «экспозиция-ответ» предусматривает установление связи между воздействующей экспозицией, режимом, продолжительностью воздействия и степенью выраженности, распространенности вредного эффекта в экспонируемой популяции.

5.2. При оценке риска нарушения здоровья под воздействием фактора ЭМИ исходят из предположения о наличии порога вредного воздействия, ниже которого негативные эффекты не развиваются.

5.3. Известные изменения в организме человека под воздействием ЭМИ обобщены в таблицах 2 – 4.

---

[2] Не рассматриваются нарушения здоровья, связанные с форс-мажорными обстоятельствами: военными действиями, авариями, стихийными бедствиями.

Таблица 2

Известные изменение в организме человека при действии электромагнитных полей (частота 0 – 30 кГц) различной интенсивности

Плотность тока, мкА/см^2	Наблюдаемые изменения	Источник данных
0,1	Отсутствие реакций нервной системы на клеточном уровне.	Бриджес Д., 1981 Lee J. 1989
1,0-10	Явление электро- и магнитофосфенов. Продукция мембранного потенциала.	Бриджес Д., 1981 Lee J. 1989
10-50	Пороги стимуляции сенсорных рецепторов и нервных и мышечных клеток.	Бриджес Д., 1981 Smith C., 1984
>100	Вероятность фибрилляции желудочков сердца. Возможность остановки сердца, дыхательного тетануса.	Бриджес Д., 1981 Smith C., 1984

Таблица 3

Известные изменение в организме человека при действии электромагнитных полей (частота около 50 Гц) различной интенсивности

Параметр поля	Время экспозиции	Наблюдаемая реакция	Источник данных
1.15 и 20 кВ/м	До 2 часов	Изменение времени реакции в пределах физиологической нормы.	Michaelson S.M. 1976 Савин Б., Рубцова Н., 1978
0,2 мТ	3 час	Отсутствие влияния на время реакции и электроэнцефалограмму.	Савин Б., Рубцова Н., 1978
До 10 мкТл	До 10 часов с перерывом	Изменение артериального давления, изменение частоты сердечных сокращений.	Савин Б., Рубцова Н., 1978 Комарова А., 1983
4-7 мкТл	От 1 до 7 лет	Увеличение числа случаев лейкозов у детей Появление опухолей различной локализации и вида.	Tomenius L., 1982, 1986 Verkasalo et al., 1993 Olsen et al., 1993, 1995 Szmigielski et al., 1982

Таблица 4

Известные изменение в организме человека при действии электромагнитных полей различной интенсивности (Минин, 1974)

Плотность потока энергии, мкВт/см^2	Наблюдаемые изменения
600	Болевые ощущения в период облучения
200	Угнетение окислительно-восстановительных процессов.
100	Повышение артериального давления с последующим его снижением. В случаях хронического воздействия - устойчивая гипотония. Двухстороннее катарактогенное действие в диапазоне частот 1,5-10ГГЦ.

Плотность потока энергии, мкВт/см^2	Наблюдаемые изменения
40	Ощущение тепла. При облучении 0,5-1 часа - повышение давления на 20-30 мм рт. ст.
20	Стимуляция окислительно восстановительных процессов ткани
10	Нейроастенический синдром. Астенизация после 15-минутного облучения, изменение биоэлектрической активности головного мозга.
8	Неопределенные сдвиги со стороны крови с общим временем облучения 150 ч., изменение свертываемости крови.
6	Электрокардиографические изменения, изменения в рецепторном аппарате.
от 4 до 5	Изменение артериального давления при многократных облучениях, непродолжительная лейкопения, эритропения.
от 3 до 4 от 2 до 3	Вазотоническая реакция с симптомами брадикардии, замедление электропроводимости сердца. Выраженный характер снижения артериального давления, учащение пульса, колебания объема крови сердца.
1	Снижение артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема крови сердца. Снижение офтальмотонуса при ежедневном воздействии в течение 3,5 мес. Снижение порога восприятия, увеличение времени выполнения психофизиологического теста.
0,5	Увеличение порога восприятия раздражителя.
0,4	Слуховой эффект при воздействии импульсных ЭМП.
0,3	Некоторые изменения со стороны нервной системы при хроническом воздействии в течение 5-10 лет.
0,1	Электрокардиографические изменения. Отсутствие изменение психофизиологических показателей.
До 0,05	Тенденция к понижению давления при хроническом воздействии.

5.4 Доказанными на настоящий момент считаются эффекты в отношении лейкозов у детей под воздействием ЭМИ населенных мест и формировании опухолей головного мозга (менингиомы, глиомы) при длительном (более 10 лет) интенсивном (более 1 часа в день) использовании сотовых телефонов (приложение 3).

5.5. На основе анализа совокупности отечественных и зарубежных данных о динамике развития глиом и менингиом и лейкозов под воздействием ЭМИ на фоне естественного возникновения этих заболеваний разработаны эволюционные и статистические математические модели развития неблагоприятных эффектов под воздействием высокочастотных электромагнитных излучений.

5.6. Оценка вероятности возникновения заболевания менингиомой, глиомой или лейкоза выполняется решением эволюционных рекуррентных уравнений (1)-(3).

5.6.1 Уравнение для вычисления вероятности заболевания глиомой имеет вид (1):

$$P_{t+1}^{G} = P_t^{G} + \left(\left(-2{,}43 \cdot 10^{-5} \cdot (Ct)^3 + 2{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot (Ct)^2 - 7{,}42 \cdot 10^{-2} \cdot Ct + 0{,}48\right) + 0{,}03 \cdot \left\langle \frac{I^{H}}{0{,}075} - 1 \right\rangle \right) C \quad (1)$$

где:

P_t^G *вероятность заболевания глиомами на начальный (заданный) момент времени t, в расчете на 100 тыс. человек;*

P_{t+1}^{G} *вероятность заболевания глиомами для следующего временного шага (зависит от C), в расчете на 100 тыс. человек;*

I^H *напряженность излучения за исследуемый период времени, (мВт/м^2);*

C *временной эмпирический коэффициент, принимаемый в соответствии* таблицей 5;

$\langle\ \rangle$ *скобки Келли, принимающие значения* $\langle x \rangle = 0$ *при* $x < 0$ *и* $\langle x \rangle = x$ *при* $x \geq 0$.

Уровень заболеваемости на первом году жизни задается из расчета 1 сл./100 тыс. чел.

5.6.2. Уравнение для вычисления вероятности заболевания менингиомой имеет вид (2):

$$P_{t+1}^{M} = P_t^{M} + \left(0{,}02 \cdot P_t^{W} - 0{,}00006 \cdot \left\langle \frac{I^{H}}{0{,}075} - 1 \right\rangle \right) C, \text{ где} \quad (2)$$

P_t^M *– вероятность заболевания менингиомами на начальный (заданный) момент времени t, в расчете на 100 тыс. человек;*

P_{t+1}^{M} *вероятность заболевания менингиомами для следующего временного шага (зависит от C), в расчете на 100 тыс. человек;*

5.6.3. Уравнение для вычисления вероятности заболевания лейкозом имеет вид (3):

$$P^{L}(t) = \left(-9{,}12 \cdot 10^{-7} \cdot (Ct)^4 + 1{,}68 \cdot 10^{-4} \cdot (Ct)^3 - 9{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot (Ct)^2 + 0{,}1 \cdot Ct + 2{,}8\right) \cdot \left(1 + \left(0{,}2 \cdot \left\langle \frac{I^{L}}{0{,}1} - 1 \right\rangle + 1{,}5 \cdot \left\langle \frac{I^{H}}{0{,}075} - 1 \right\rangle \right) \cdot \left(e^{-Ct \cdot 0{,}035} + 0{,}07 \right) \right), \text{ где} \quad (3)$$

$P^L(t)$ *вероятность заболевания лейкозом на заданный момент времени t, в расчете на 100 тыс. человек;*

I^L *напряженность низкочастотного излучения за исследуемый период времени, (мГ);*

I^H *– напряженность высокочастотного излучения за исследуемый период времени, (Вт/м^2).*

Таблица 5

Значение коэффициента C для расчета риска за период t

Период времени, t	Час	день	неделя	месяц	Год
C	0,000114	0,00274	0,019231	0,083333	1

5.7 Уравнения позволяют рассчитывать риск на любой заданный момент времени *t*.

5.8. Прогнозирование агрегированного риска возникновения заболеваний глиомой и менингиомой в уравнениях вычисляется через значение риска на текущий момент времени. В первый год жизни значение индивидуального риска принимаем равное 1 для глиом, и 0,01 для менгиом. На основе динамики изменения ЭМИ-нагрузки, можно пошагово построить долгосрочный прогноз на весь период жизни.

5.9. При ($R_t \neq 0$) для построения эволюционной модели и оценки начальной величины риска в заданный момент времени проводятся исследования по оценке частот и тяжести заболеваний на изучаемой территории.

5.10. Для решения системы рекуррентных уравнений могут быть использованы: стандартная офисная программа Microsoft Excel, различные математические пакеты типа MatLab, Mathematica и другие с аналогичными возможностями.

6. ОЦЕНКА ЭКСПОЗИЦИИ

6.1. Оценка экспозиции включает в себя определение электромагнитных характеристик радиочастотного диапазона в заданный момент времени и длительности сохранения определенных уровней ЭМИ, а также оценку взвешенного уровня ЭМИ как меры контакта населения с вредным фактором.

6.2. Для оценки уровня экспозиции электромагнитных полей используются разные характеристики ЭМП: в диапазоне 0…10 Мгц – плотность электрического тока; в диапазоне 10 - 300 МГц - электрическая и магнитная напряжённости поля, в диапазоне 0,3…300 ГГц – плотность потока энергии.

6.3. Оценка экспозиции как величины, характеризующей установившийся длительный уровень электромагнитного поля, может быть выполнена путем инструментальных измерений и/или расчетным путем.

6.4. Измерение параметров воздействия электромагнитных полей инструментальными методами выполняется в соответствии с перечнем документов, приведенных в приложении 4.

6.5. Энергетическая экспозиция может рассматриваться как средняя величина, характеризующая интенсивность и длительность воздействия ЭМИ конкретного вида:

$$\dot{Y}\bar{Y} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \dot{Y}\dot{Y}'_j}{N}, \text{ где} \qquad (4)$$

$\dot{Y}\dot{Y}'_j$ - j-тая измеренная или рассчитанная величина энергетической экспозиции j-го вида (плотность индукционного тока, напряженность электрического или магнитного поля, плотность потока энергии)

N число измерений (результатов расчетов) за исследуемый период

6.6. Если имеются данные о времени длительности воздействия (с учетом периодов работы источников и/или длительности пребывания населения под воздействием), рассчитывается средневзвешенная экспозиция:

$$\dot{Y}\bar{Y} = \frac{\dot{Y}\dot{Y}'_{j1} \cdot p_1 + \dot{Y}\dot{Y}'_{j2} \cdot p_2 + \ldots \dot{Y}\dot{Y}'_{jn} \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \ldots p_n}, \qquad \text{где} \qquad (5)$$

$P_{1,2,n}$ - удельный вес времени пребывания населения под воздействием ЭМИ с интенсивностью $\acute{Y}\acute{Y}_j^{\prime}$

6.7. При одновременном воздействии электромагнитных полей разных частот аддитивный эффект учитывается следующим образом:

6.7.1. Для оценки эффектов полей с частотами до 10МГц следует суммировать плотности индукционного тока:

$$J_{\Sigma} = J_1 + J_2 + J_n, \qquad где \qquad (6)$$

$J_{1,2,n}$ - плотности индукционного тока, создаваемого разными источниками

6.7.2. Если радиотехнические объекты оборудованы несколькими передатчиками и системами, работающими в диапазонах частот до 300МГц, то суммарная электрическая или магнитная напряженность поля в каждом из этих диапазонов на прилегающей территории определяется по формулам:

$$E_{\Sigma} = \sqrt{\left(E_1^2 + E_2^2 + \ldots + E_n^2\right)} \qquad (7)$$

$$H_{\Sigma} = \sqrt{\left(H_1^2 + H_2^2 + \ldots + H_n^2\right)}, \; где \qquad (8)$$

E_{Σ}, H_{Σ} суммарная напряженность поля,

E_1, H_1, E_2, H_2, ...H_n, E_n – напряженность поля, создаваемая каждым передатчиком в определенной точке данного диапазона;

6.7.3. Суммарная плотность потока энергии (S_{Σ}) на анализируемой территории для диапазонов частот 0,3-300ГГц определяется по формуле:

$$S_{\Sigma} = S_1 + S_2 + S_n, \quad где \qquad (9)$$

$S_{1,2,n}$ – плотность потока энергии, создаваемая каждым передатчиком в определяемой точке.

6.8. Дополнительно для оценки воздействия ЭМИ на население могут быть рассчитаны величины удельной поглощенной мощности (SAR). Информация по расчетам с применением удельной поглощенной мощности приведена в приложении 5.

6.9. Результаты расчетной или инструментальной оценки экспозиции используют для гигиенической оценки и расчета риска для здоровья.

6.10. Результатом этапа являются натурные (измеренные) и/или расчетные данные об уровнях электромагнитного излучения на исследуемой территории, в том числе с учетом фактора времени и количество населения, проживающего в условиях того или иного уровня экспозиции.

6.11. При одновременном воздействии электромагнитных полей с разной частотой необходимо определить, является ли совместное воздействие полей с различными частотами аддитивным по эффекту. Аддитивность необходимо рассматривать раздельно для эффектов теплового и электрического возбуждения.

7. ХАРАКТЕРИСТИКА РИСКА

7.1. Риск формирования глиом, менингиом и лейкозов в определенный период времени (в определенной возрасте) у лиц, постоянно находящихся под экспозицией, определяется уравнениями:

$$R_t^G = g^G P_t^G \qquad (10)$$

$$R_t^M = g^M P_t^M \qquad (11)$$

$$R_t^L = g^L P_t^L \qquad (12)$$

где g^G, g^M, g^L – коэффициент, характеризующий тяжесть глиом, менингиом, лейкозов соответственно, определяемый из отношения показателей заболеваемости и смертности по причине данного вида заболеваний: g^G=0.98; g^M=0.95; g^L=0.95.

7.2. Дополнительный (атрибутивный) риск нарушений здоровья, связанный с фактором ЭМИ, рассчитывается по формуле (*13*):

$$\Delta R_t^G = R_t^G - R_t^{G\bar{a}}, \qquad \text{где} \qquad (13)$$

ΔR_t^G – *дополнительный риск нарушения здоровья под воздействием ЭМИ на момент времени t;*

R_t^G – *риск нарушения здоровья под воздействием электромагнитной нагрузки на момент времени t;*

$R_t^{G\bar{a}}$ – *риск нарушения здоровья без воздействия электромагнитной нагрузки на момент времени t (фоновый риск).*

7.3. В общем виде кривая изменения риска нарушений отдельных систем организма в зависимости от длительности проживания без воздействия и в условиях вредного воздействия ЭМИ, а также величина дополнительного риска приведены на рисунке 1.

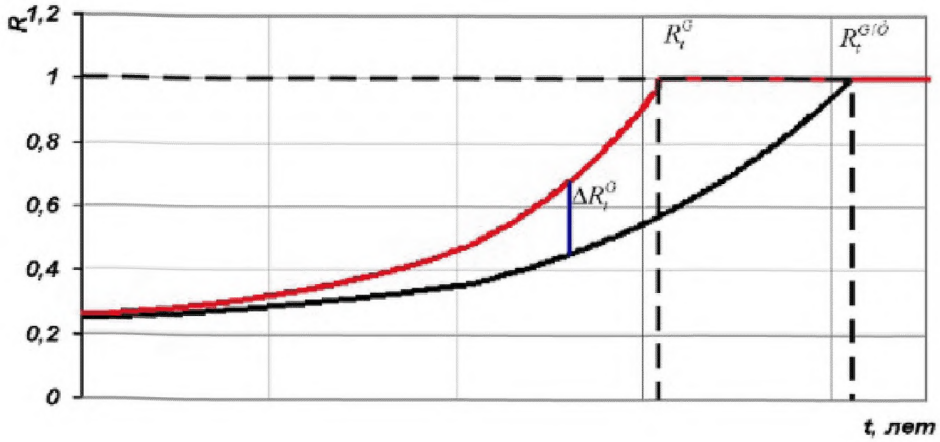

Рис. 1. Эволюция риска и дополнительного риска вредных эффектов при воздействии ЭМИ

7.4. Полученная величина риска и дополнительного риска здоровью может быть использована для расчетов относительного $R_t^{отн}$ *(14)* и дополнительного избыточного $R_t^{изб}$ *(15)* риска нарушений здоровья под воздействием электромагнитного воздействия:

$$R_t^{отн} = \frac{R_t^G}{R_t^{G/\delta}} \qquad (14)$$

$$\Delta R^{изб} = \frac{\Delta R_t^G}{R_t^{G/\delta}} \qquad (15)$$

7.5. Для характеристики уровня риска рассчитывается приведенный индекс риска здоровью, связанный с фактором ЭМИ *(16)*. Показатель характеризует вероятность нарушений здоровья при воздействии фактора с учетом нарастания общего риска здоровью по мере увеличения возраста:

$$\tilde{R}_t^G = \frac{\Delta R_t^G}{1 - R_t^{G/\delta}}, \text{ где} \qquad (16)$$

$\tilde{R}_t^G$ – *приведенный индекс риска под воздействием ЭМИ на момент времени t;*

ΔR_t^G – *дополнительный риск под воздействие нагрузки ЭМИ на момент времени t;*

$R_t^{G/\delta}$ – *риск без воздействия нагрузки ЭМИ на момент времени t (фоновый риск).*

7.6. Рекомендации по управлению риском электромагнитного фактора могут разрабатываться с учетом следующей оценочной шкалы индекса $\tilde{R}_t^G$ (рис. 2):

- величина $\tilde{R}_t^G$ составляет менее 0,05, что может оцениваться как риск пренебрежительно малый, низкий, слабо влияющий на уровень состояния здоровья на исследуемой территории. Рекомендуются меры по организации сокращенного (выборочного) мониторинга ЭМИ, планированию мероприятий, которые могут быть реализованы в долгосрочной перспективе (5 лет и более). Плановый пересмотр уровней риска рекомендуется с частотой не реже, чем один раз в пять лет, а также при размещении на территории новых источников ЭМИ и изменении градостроительной ситуации; Величину 0,05 можно рассматривать как верхнюю граница приемлемого, допустимого риска;

- величина $\tilde{R}_t^G$ находится в диапазоне 0,05-0,35, что может оцениваться как умеренный риск. Рекомендуются меры по организации постоянного мониторинга ЭМИ. Мероприятия по снижению нагрузки рекомендуется разрабатывать с учетом среднесрочной и краткосрочной перспективы (1-3 года). Плановый пересмотр рекомендуется с частотой не реже одного раза в три года. Мероприятия по снижению электромагнитной нагрузки рекомендуется разрабатывать с учетом среднесрочной и краткосрочной перспективы (1-3 года). Рекомендуется пересмотр степени риска каждый год.

- величина $\tilde{R}_t^G$ находится в диапазоне 0,35-0,6, что оценивается как высокий риск. Рекомендуются меры по организации расширенной программы мониторинга ЭМИ с проведением дополнительных исследований в местах и/или в периоды максимальных уровней ЭМИ. Мероприятия по снижению электромагнитной нагрузки рекомендуется разрабатывать на ближайшую краткосрочную перспективу в течение года. Рекомендуется пересмотр степени риска каждый год;

- величина $\tilde{R}_t^G$ превышает уровень 0,6, что оценивается как очень высокий риск. Рекомендуются меры по немедленному прекращению деятельности основных источников ЭМИ или выводу населения из зоны вредного воздействия. Рекомендуется повторная оценка уровней риска после принятия мер по снижению неблагоприятного воздействия ЭМИ на здоровье населения

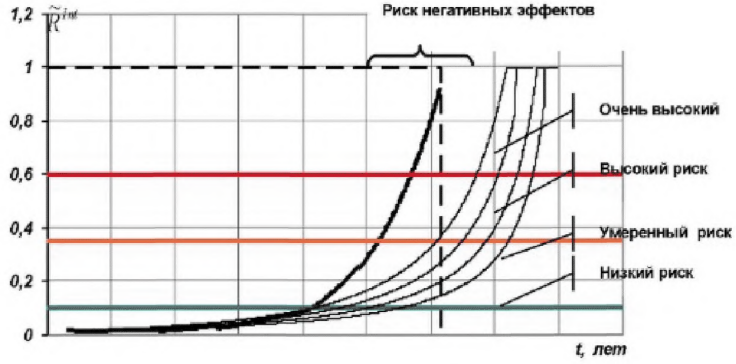

Рис 2. Шкала оценки индекса $\tilde{R}_i^G$

7.7 Дополнительный популяционный риск, характеризующий частоту нарушений здоровья во всей экспонируемой популяции, определяется по формуле:

$$\Delta R_i^{Pop} = \sum_t \Delta R_i^{Gi} \cdot P_t \text{, где} \qquad (14)$$

ΔR_t^{Gi} – *риск нарушения здоровья i-го вида для возраста t;*

P_t – *численность населения возрастной группы t.*

7.8. Предложенные модели позволяют оценивать не только риск развития нарушения здоровья, но и сокращение ожидаемой продолжительности жизни при ЭМИ.

7.9. Значения индивидуальных и популяционных рисков отражают, главным образом, долгосрочную тенденцию к изменению показателей здоровья, формирующуюся при условии соблюдения всех принятых исследователем исходных условий (например, определенная продолжительность и интенсивность воздействия, неизменность экспозиции во времени, конкретные значения факторов экспозиции и др.). Полученные данные требуют осторожного соотнесения полученных величин с фактическим уровнем заболеваемости населения.

При анализе и описании рисков, а также информировании о рисках лиц, принимающих решения, обязательно указывается количество населения, проживающего в условиях того или иного риска.

7.10. Результатом этапа являются количественные или полуколичественные параметры риска для здоровья населения и численность населения, подверженного тому или иному риску.

Пример реализации подходов приведен в приложении 6.

8. ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

8.1. Результаты выполненной оценки риска сопутствующих допущений и неопределенностей, возникающих на всех этапах исследования влияния ЭМИ, является обязательной частью процедуры оценки риска здоровью.

8.2. Основными источниками неопределенностей на этапе идентификации опасности являются неполные и неточные сведения о потенциальном факторе опасности, количественные источников излучения и уровней электромагнитных полей, недостаточная степень полноты, достоверности и репрезентативности данных.

8.3. Основные источники неопределенностей на этапе характеристики опасности связаны с установлением порогового уровня воздействия, с установлением степени доказанности неблагоприятного эффекта у человека, с определением критических органов/систем и вредных эффектов, с незнанием механизмов взаимодействия электромагнитных полей с биологическими объектами (глубина проникновения волн, экранирование и т.п.)

8.4. Источниками неопределенностей на этапе оценки экспозиции могут быть недостатки планирования исследования, неточности в определении уровня ЭМИ в объектах среды обитания, недостаточность данных об длительности воздействия конкретного типа ЭМП.

8.5. Степень достоверности окончательных результатов оценки риска зависит от вариабельностей, неопределенностей и допущений, связанных с оценкой и экстраполяцией данных эпидемиологических исследований и выбором моделей исследования.

8.6. Необходимо оценивать достоверность полученных результатов оценки риска здоровью под воздействием ЭМИ в том числе путем сравнения получены результатов с доступными отечественными и зарубежными данными.

9. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ РИСКА ЛИЦАМ, ПРИНИМАЮЩИМ РЕШЕНИЯ

9.1. Результаты выполненных работ по оценке риска предназначены для лиц, принимающих управленческие решения, и являются информационной основой для разработки планов мероприятий по снижению рисков для здоровья населения или решений об отсутствии необходимости такой разработки.

9.2. Обсуждение результатов должно включать:

– доказательства того, что в процессе оценки риска действительно были идентифицированы эффекты, связанные с фактором ЭМИ на территории

– описание вредных эффектов, которые могут возникнуть при воздействии изученных электромагнитных воздействий;

– характеристику достоверности количественной информации об опасности вредных воздействий

– характеристику достоверности данных, использованных при оценке экспозиции;

– характеристику главных факторов, снижающих обоснованность и достоверность результатов, включая все неопределенности оценки риска;

– характеристику популяции, подвергающейся воздействию, а также ее наиболее чувствительных групп;

– сравнительный анализ полученных данных по оценке риска, имеющихся сведений о состоянии здоровья населения, а также результатов ранее проведенных исследований, характеризующих риски и состояние здоровья человека на сходных по условиям экспозиции территориях.

9.3. Наибольшую ценность результаты анализа и характеристики рисков здоровью в связи с влиянием ЭМИ представляют для сравнительной оценки воздействия электромагнитных полей на разных территориях, в разные временные периоды, до и после проведения оздоровительных мероприятий, для сравнения эффективности, возможного влияния на здоровье человека различных источников ЭМИ и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бриджес Дж.Э, Прич М. Биологическое действие электрического поля промышленной частоты: Обзор физических и методологических аспектов // ТИИЭР. — 1981. — Т.69, №9. —С.5-35.
2. Вапаг В.К., Кузнецов АН. Первичные механизмы действия магнитных полей и спиновые эффекты // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. — Пущино, 1986. — С.14-48.
3. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 16// Радиочастоты и микроволны. — ВОЗ. — Женева. — 1984. — 145 с.
4. Жуков Б.Н. Научное обоснование применения магнитных полей в медицине // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. — Пущино АН СССР. — 1985. — С.108-122.
5. Исаев Л.К. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метеорологические аспекты. – М., ПАИМС, 1997.– С.512
6. Искин В. Д. Биологические эффекты миллиметровых волн и корреляционный метод их обнаружения. — Харьков: Основа, 1990. — С.244
7. Комарова А.А. Заболевания, вызванные воздействием электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) и электростатических полей // Руководство по профессиональным заболеваниям. М.: Медицина, 1983. Т.2. — С.216-219.
8. Минин Б.А. СВЧ и безопасность человека. — М.: Сов.радио, 1974. 352 с.
9. Никонова К.В., Вермель А.Е. Клинико-гигиенические проблемы влияния электромагнитных полей радиочастотного диапазона // Итоги науки и техники. Физиология человека и животных. Т.22. Биологическое действие электромагнитных излучений. — М.: ВИНИТИ, 1978. — С.112-139.
10. Рубцова Н.Б. Современные данные о влиянии микроволновых воздействий на функциональное состояние нервной системы // Гигиеническая оценка и биологическое действие прерывистых микроволновых облучений. М.: НИИ ГТиПЗ АМН СССР, 1984. — С.56-73.
11. Савин Б.М. Современное состояние и перспективы в области гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастот // Биологическое действие и гигиеническое нормирование ЭМИ КВ-диапазона. — М. — 1988. — НИИ ГТиПЗ АМН СССР. — С.8-32.
12. Савин Б.М., Рубцова Н.Б. Влияние радиоволновых излучений на центральную нервную систему // Итоги науки и техники. Физиология человека и животных. Т.22. Биологическое действие электромагнитных излучений. — М.: ВИНИТИ, 1978. — С.68-111.
13. Савин Б.М., Шандала М.Г., Никонош К.В., Морозов Ю. А. Методы исследования и критерии оценки биологического действия электрических полей промышленной частоты // Метрологические вопросы гигиенического нормирования электромагнитных излучений радиочастотного диапазона. — М.: НИИ ГТиГО АМН СССР. 1978. — С.113-138.
14. Шандала М.Г. Методологические вопросы гигиенического нормирования неионизирующих электромагнитных излучений для населения // Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их

использования и нормирования. — Пущино. — 1986. — С.135-150.
15. Штемлер В.М., Колесников СВ. Особенности взаимодействия электромагнитных полей с биообъектами // Итоги науки и техники. Физиология человека и животных. Т.22. Биологическое действие электромагнитных излучений. — М.: ВИНИТИ, 1978. — С.9-67.
16. Bawin, S. M.; Kaczmarek, L. K.; Adey, W. R. Effects of modulated VHF fields on the central nervous system. Ann. NY Acad. Sci. 274:74–81; 1975.
17. Bernhardt J.H. et al. Limits for electric and magnetic fields in DIN VDE standards considerations for the range 0 to 10 kHz // 1986 Session CIGRE 27 Aug. 4 Sept. — CIGRE 36-10.
18. Bernhardt, J. H. The direct influence of electromagnetic fields on nerve and muscle cells of man within the frequency range of 1 Hz to 30 MHz. Radiat. Environ. Biophys. 16:309 –323; 1979.
19. Blank, M., ed. Electromagnetic fields: biological interactions and mechanisms. Washington, DC: American Chemical Society Press; 1995.
20. Brent, R. L.; Beckman, D. A.; Landel, C. P. Clinical teratology. Curr. Opin. Pediatr. 5:201–211; 1993.
21. Chatterjee, I.; Wu, D.; Gandhi, O. P. Human body impedance and threshold currents for perception and pain for contact hazards analysis in the VLF-MF band. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 33:486–494; 1986.
22. Chen, J. Y.; Gandhi, O. P. Thermal implications of high SARs in the body extremities at the ANSI- recommended MFVHF safety levels. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 35:435–441; 1988.
23. Chernoff, N.; Rogers, J. M.; Kavet, R. A review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields. Toxicology 74:91–126; 1992.
24. Environmental Health Criteria 35 // Extremely Low Frequency (ELF) Fields. — WHO. — Geneva. — 1984. — 131 p.
25. Environmental Health Criteria 69 // Magnetic Fields. — WHO. — Geneva. — 1987. — 215 p.
26. Feychting M., Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines // Ibid. – 1993. –Vol. 138. – P. 467 – 481.
27. Floderus B., Persson T., Stenlund C. et al. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: A case-control study in Sweden // Cancer. Causes Control. – 1993. – Vol. 4. – P. 465 – 476.
28. Fulton J.P., S. Cobb, L. Preble et al. Electrical wiring configurations and childhood leukemia in Rhode Island // Ibid. – 1980. – V. 111. – P. 292 - 296.
29. Hocking, B.; Gordon, I. R.; Grain, M. L.; Hatfield, G. E. Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers. Med. J. Australia 165:601–605; 1996.
30. Hoque, M.; Gandhi, O. P. Temperature distributions in the human leg for VLF-VHF exposures at the ANSIrecommended safety levels. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 35:442–449; 1988.
31. INIRC/IRPA. Guidelines of limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 ffli to 300 GHz // Health Physics. — 1998. — V.74, № 4. — P.494-522.
32. Institute of Electrical and Electronic Engineers. Standard for safety levels with respect to human exposure to radiofrequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHZ. New York: Institute of Electrical and Electronic Engineers; IEEE C95.1-

1991; 1992.

33. International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee. Guidelines on limits of exposure to radiofrequency electromagnetic fields in the frequency range from 100 kHz to 300 GHz. Health Phys. 54:115–123; 1988.
34. International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. Health Phys. 58:113–121; 1990.
35. Jokela, K.; Puranen, L.; Gandhi, O. P. Radio frequency currents induced in the human body for medium-frequency/ high-frequency broadcast antennas. Health Phys. 66:237– 244; 1994.
36. Kirschvink, J. L.; Kobayashi-Kirschvink, A.; Diaz Ricci, J. C.; Kirschvink, S. J. Magnetite in human tissues: a mechanism for the biological effects of weak ELF magnetic fields. Bioelectromagnetics Suppl. 1:101–113; 1992a.
37. Kirschvink, J. L.; Kobayashi-Kirschvink, A.; Woodford, B. J. Magnetite biomineralization in the human brain. Proc. Nat. Acad. Sci. 89:7683–7687; 1992b.
38. Lacy-Hulbert, A.; Wilkins, R. C.; Hesketh, T. R.; Metcalfe, J. C. No effect of 60 Hz electromagnetic fields on MYC or beta-actin expression in human leukemic cells. Rad Res. 144:9 –17; 1995.
39. Lee J.M., Ckartier K, Hartmann D.P. et al. Electrical and biological effects of transmission lines. A Review // U.S. Department of Energy. — Bonneville Power Administration. — Portland-Oregon. — 1989. — 107 p.
40. Li, C. Y.; Theriault, G.; Lin, R. S. Epidemiological appraisal of studies of residential exposure to power frequency magnetic fields and adult cancers. Occup. Environ. Med. 53:505–510; 1996.
41. London S.J., Thomas D.C., Bowman J.D. et al. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia / S.J. // Am. J. Epidemiol. – 1991. – Vol. 134. – P. 923 – 937.
42. McDowall M.E. Mortality of persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities // Br. J. Cancer. – 1986. – Vol. 53. – P. 271 – 279.
43. Michaelson S.M. Microwave and radiofrequency radiation // ICP/CEP 808. Copenhagen — WHO — Regional Office for Europe — 1976 — 98 pp.
44. Michaelson, S. M. Biological effects and health hazards of RF and MW energy: fundamentals and overall phenomenology. In: Grandolfo, M.; Michaelson, S. M.; Rindi, A., eds. Biological effects and dosimetry of non-ionizing radiation. New York: Plenum Press; 1983: 337–357.
45. Michaelson, S. M.; Elson, E. C. Modulated fields and 'window' effects. In: Polk, C.; Postow, E., eds. Biological effects of electromagnetic fields. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996: 435–533.
46. Myers, A.D. Clayden, R.A. Cartwright, S.C. Cartwright Childhood cancer and overhead powerlines: A case-control study / A. // Br. J. Cancer. – 1990. – V. 62. – P. 1008 – 1014.
47. Olsen, J. H.; Nielsen, A.; Schulgen, G. Residence near high voltage facilities and the risk of cancer in children. Danish Cancer Registry; AG-NIR, 1-26; 1993. Oak Ridge Associated Universities. Health effects of low frequency electric and magnetic fields. Oak Ridge, TN: Oak Ridge Associated Universities; ORAU 92/F9; 1992.

48. Persson T. et. Al. Ahlbom Incidence of leukemia and brain tumours in some electrical occupations / S // Br. J. Ind. Med. – 1991. – Vol. 48. – P. 597 – 603.
49. Petridou E. et. al. Electrical power lines and childhood leukemia: a study from Greece// Int J Cancer.– 1997.– Nov. 4; 73(3): 345-8
50. Repacholi M.H. Radiofrequency electromagnetic field exposure standards // IEEE Eng. Med. and Biol. Mag. 1987. — V.6, №. — P.18-21.
51. Robinette C.D., Silverman C., Jablon S. Effects upon health of occupational exposure to microwave radiation (radar)/ Am. J. Epidemiol. 1980. –112:39–53.
52. Savitz D., Wachtel H., Barnes F.A. et al. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields / D.A. // Am. J. Epidemiol. – 1988. – V. 128. – P. 21 – 38.
53. Silverman P.M. Congenital anomalies and paternal occupational exposure to shortwave, microwave, infrared and acoustic radiation / J.N. Logue, S. Hamburger, R.P. Chiachierini // J. Occup. Med. – 1985. – Vol. 27. – P. 451 – 452.
54. Smith C. W. Electromagnetic effects of living biomedical systems // Proceed. 6th Annual Conf. Eng. and Med. — J.Biol.Sci. — 1984. — Sept.15-17. — P.176-180.
55. Stevens R.G. Electric power use and breast cancer: A hypothesis // Am. J. Epidemiol. – 1987. – Vol. 125. – P. 556 – 561.
56. Stuchly M.A, Mild KH. Environmental and occupational exposure to electromagnetic fields // IEEE Eng.Med. and Biol.Mag. — 1987. — V.6. — N 1. — P. 15-17.
57. Szmigielski, S. Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation. Sci. Tot. Environ. 180:9–17; 1996.
58. Szmigielski, S.; Bielec, M.; Lipski, S.; Sokolska, G. Immunologic and cancer-related aspects of exposure to low-level microwave and radiofrequency fields. In: Marino, A. A., ed. Modern bioelectricity. New York: Marcel Dekker; 1988: 861–925.
59. Szmigielski, S.; Szudinski, A.; Pietraszek, A.; Bielec, M.; Wrembel, J. K. Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450-MHz microwave radiation. Bioelectromagnetics 3:179 –191; 1982.
60. Tomenius, L. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm county. Bioelectromagnetics 7:191–207; 1986.
61. Vena J.E., Graham S., Hellman R. et al. Use of electric blankets and risk of postmenopausal breast cancer / // Ibid. – 1991. – Vol. 134. – P. 180 – 185.
62. Verkasalo, P. K. Magnetic fields and leukemia: risk for adults living next to power lines. Scand. J. Work Environ. Health 22(Suppl. 2):7–55; 1996.
63. Verkasalo, P. K.; Pukkala, E.; Hongisto, M. Y.; Valjus, J. E.; Jorvinen, P. J.; Heikkilo, K. V.; Koskenvuo, M. Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. Br. Med. J. 307:895 899; 1993.
64. Verkasalo, P. K., Pukkala, E.; Kaprio, J.; Heikkila, K. V.; Koskenvuo, M. Magnetic fields of high voltage power lines and risk of cancer in Finnish adults: nationwide cohort study. Br. Med. J. 313:1047 1051; 1996.
65. Wertheimer, N.; Leeper, E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am. J. Epidemiol. 109:273–284; 1979.

Приложение 1
(Справочное)

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Воздействие на население – все типы воздействия ЭМИ на население, за исключением воздействия в производственных условиях и во время проведения медицинских процедур.

Напряженность магнитного поля – векторная физическая величина H, равная геометрической разности магнитной индукции, деленной на магнитную постоянную, и намагниченности. Характеризует магнитное поле в любой точке пространства. Выражается в амперах на метр (А $м^{-1}$) *(ГОСТ Р 52002-2003).*

Напряженность электрического поля – векторная величина, характеризующая электрическое поле и определяющая силу, действующую на электрически заряженную частицу со стороны электрического поля. В системе Си выражается в вольт на метр (В $м^{-1}$). *(ГОСТ Р 52002-2003)*

Неионизирующее излучение - **излучение** и поля электромагнитного спектра, которые обычно не обладают достаточной энергией для ионизации вещества. Характеризуются энергиями фотонов ниже 12 эВ, длиной волны выше 100 нм и частотой ниже $3*10^{15}$ Гц *(ICNIRP, 1998)*

Нетепловой эффект – результат любого воздействия электромагнитного излучения на организм человека, который не связан с нагреванием. *(ICNIRP, 1998)*

Плотность потока энергии (вектор Пойнтинга) – при распространении радиоволн представляет количество энергии, переносимой электромагнитной волной за единицу времени, проходящей через единицу площади поверхности, расположенной перпендикулярной распространению волны. Выражается в ваттах на квадратный метр (Вт $м^{-2}$) *(ICNIRP, 1998)* INIRC/IRPA

Плотность электрического тока – векторная величина, значение интеграла от которой по рассматриваемой поверхности равно току через произвольную поверхность; среднее значение плотности тока в линейном проводнике представляет собой отношение тока к поперечному сечению проводника. В системе СИ выражается в амперах на кв. метр (А $м^{-2}$) *(ICNIRP, 1998)*

Поглощение – при распространении радиоволн, ослабление радиоволны в результате диссипации энергии волны, т.е. в результате превращения энергии в другие виды энергии, например, в теплоту. *ICNIRP, 1998*

Радиочастота – любая частота, при которой электромагнитное излучение применимо для целей телекоммуникации. Примечание: в этом документе радиочастота относится к частотам в диапазоне 10 МГц – 300 ГГц. *ICNIRP, 1998*

Частота – число гармонических циклов, совершаемых электромагнитными волнами за 1 с, обычно выражается в герцах (Гц) *ICNIRP, 1998*

Эволюционная детерминированная модель – математическая функциональная модель, описывающая направленные изменения в организме индивида под воздействием вредного фактора с учетом естественных системных процессов протекающих в организме

Приложение 2
(Справочное)

Эффекты нарушения здоровья населения при воздействии электромагнитных полей различного вида

Частотный диапазон	Эффекты для здоровья	Источник данных
0-30 кГц	Возбуждение рецепторов, нервных и мышечных клеток, вероятность фибрилляции сердца	В.Ванаг, 1986 M.Shutly, 1987 Л.Исаев, 1997
30 - 300 кГц	Выраженное лечебное действие при ряде заболеваний при низких экспозициях Изменение артериального давления. Изменение частоты сердечных сокращений Лейкозы у детей Лейкозы у взрослых Опухоли разной локализации и вида	Michaelson S.M. 1976 В. Штеммлер, 1978 Wertheimer N., Leeper E., 1979 Tomenius L., 1982, 1986 Verkasalo et al., 1993 Olsen et al., 1993, 1995 Szmigielski et al., 1982
300 - 3000 кГц	Функциональные нарушения центральной первной системы. Изменение гормонального статуса, изменение биотоков мозга	Л.Исаев, 1997
3 – 30 МГц	Увеличение температуры кожи	Искин В.Д., 1990
30 - 300 Мгц	Увеличение температуры тканей	Никонова К.В., Вермель А.Е., 1978 Савин Б.В., 1978
300 – 3000 МГц	Нагрев тканей. Опухоли различной локализации, в том числе головного мозга (глиома, менингиома и пр.)	Искин В.Д., 1990
3 -300 ГГц	Ожоги кожи, роговицы глаза, термические коньюктивиты, поражения внутренних органов	Искин В.Д., 1990

Приложение 3
(Справочное)

Таблица 3.1 – Обобщенные результаты исследований по риску развития опухолей (лейкозы) у детей, имевших контакт с ЭМП (проживание вблизи ЛЭП, воздействие бытовой аппаратуры, сотовых телефонов, других источников излучения ЭМП)

Публикации	Отдаленные последствия	Есть (+), нет (–)
Wertheimer N., Leeper E., 1979 (США)	лейкозы	+
Fulton J. et al., 1980 (Исландия)	лейкозы	–
Tomenius L., 1982, 1986 (Швеция)	лейкозы	+
Myers A. et al., 1985 (США)	лейкозы	–
Savitz D. et al., 1988 (США)	лейкозы	+
London et al., 1991 (США)	лейкозы	+
Feychting, Ahlbom, 1992, (Ahlbom, Feychting, 1993) (Швеция)	лейкозы	+
Verkasalo et al., 1993 (Финляндия)	лейкозы опухоли мозга	– +
Pearson et al., 1995 (США)	опухоли	+
Olsen et al., 1993, 1995 (Дания)	лейкозы опухоли мозга лимфомы	+ + +
Petridou et al., 1993 (Греция)	лейкозы	–

Здесь и далее:
(–) - доказано наличие эффекта
(-) - не доказано наличие эффекта

Таблица 3.2 – Обобщенные результаты исследований по риску развития опухолей (лейкозов) у взрослого населения, имевшего контакт с ЭМП вне производственной деятельности (проживание вблизи с ЛЭП, РЛС, пользование электроприборами, другими источниками излучения ЭМП)

Публикации	Отдаленные последствия	Есть (–), нет (–)
Silverman, 1979, 1980	лейкозы	–
Robinette et al., 1980	лейкозы	+
Wertheimer, Leeper, 1982	лейкозы	+
Szmigielski et al., 1982	лейкозы рак щитовидной железы рак легкого	+ + +
McDowall M., 1986	лейкозы	–
Stevens R. et al., 1986	лейкозы	–
Vena et al., 1991, 1994	лейкозы	–
Floderus et al., 1993	острые лейкозы хроническая лимфома опухоли мозга	– + +/–

Приложение 4
(Справочное)

Методики, рекомендуемые для оценки экспозиции расчетным путем

1. МУК 4.3.043-96 «Определение плотности потока мощности электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 700 МГц – 30 ГГц (раздел 7).

2. МУК 4.3.044-96 « Определение уровней электромагнитного поля, границ санитарно-защитной зоны и зон ограничения застройки в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило-, гекто- и декаметрового диапазонов» (раздел 5).

3. МУК 4.3.1167-02 Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц (раздел 9).

4. МУК 4.3.679-97 Определение уровней магнитного поля в местах размещения передающих средств радиовещания и радиосвязи кило- гекто и декаметрового диапазонов (раздел 5).

5. МУК 4.3.1676-03 Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи.

6. МУК 4.3.1677-03 Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телевидения, ЧМ радиовещания и базовых станций сухопутной подвижной радиосвязи (раздел 3).

7. МУК 4.3.2501-09 «Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи».

8. МУ № 4109-86 «Методические указания по определению электромагнитного поля воздушных высоковольтных линий электропередачи и гигиенические требования к их размещению».

9. ГОСТ Р 54148-2010 (ЕН 50366:2003) «Воздействие на человека электромагнитных полей от бытовых и аналогичных электрических приборов».

Приложение 5
(Справочное)

Использование удельной поглощенной мощности при оценке экспозиции населения.

Дополнительно для оценки воздействия ЭМИ на население могут быть рассчитаны величины удельной поглощенной мощности (SAR):

В общем виде SAR пропорционально квадрату напряженности внутреннего электрического поля:

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}, \qquad \text{где} \qquad (17)$$

σ- проводимость материала в данном объёме (биологических тканях), См/м;

ρ - удельная плотность вещества (биологических тканей), кг/м3.

Значение SAR для всего тела человека достигает максимальной величины в случае, когда ось тела человека совпадает с направлением вектора напряженности электрического поля в условиях воздействия плоской волны (т.е. в дальней зоне). Количество поглощенной энергии зависит от нескольких факторов, в том числе от размеров облучаемого тела. Для электрически изолированного «стандартного условного человека» [взрослый мужчина ростом 176 см и весом 73 кг] (ICRP 1994) частота резонансного поглощения составляет порядка 70 МГц. Для более высоких людей, частота резонансного поглощения несколько ниже, а для взрослых людей невысокого роста, детей и новорожденных, а также людей в сидячем положении ее значение может превышать 100 МГц. Рекомендуемые контролируемые уровни для электрических полей также учитывают частотную зависимость поглощения энергии в теле человека. Для заземленного человека значения резонансных частот практически в два раза ниже.

Приложение 6

Таблица П6.1 Пример расчета рисков заболевания менингиомами

Возраст	$P^{G/f}$	$R^{G/f}$	Средневзвешенная экспозиция = 0,5 В/м				Средневзвешенная экспозиция = 0,8 В/м				Средневзвешенная экспозиция = 1 В/м			
			P^G	R^G	ΔR^G	$\widetilde{R}^G$	P^G	R^G	ΔR^G	$\widetilde{R}^G$	P^G	R^G	ΔR^G	$\widetilde{R}^G$
0	1,00E-07	9,50E-08	1,00E-07	9,50E-08	0,00E+00	0,000	1,00E-07	9,50E-08	0,00E+00	0,000	1,00E-07	9,50E-08	0,00E+00	0,000
10	1,22E-07	1,16E-07	1,59E-07	1,51E-07	3,54E-08	0,004	1,85E-07	1,76E-07	6,03E-08	0,006	2,03E-07	1,93E-07	7,70E-08	0,008
20	1,49E-07	1,41E-07	2,31E-07	2,20E-07	7,85E-08	0,008	2,90E-07	2,75E-07	1,34E-07	0,014	3,28E-07	3,12E-07	1,71E-07	0,017
30	1,81E-07	1,72E-07	3,19E-07	3,03E-07	1,31E-07	0,013	4,16E-07	3,96E-07	2,24E-07	0,023	4,81E-07	4,57E-07	2,85E-07	0,029
40	2,21E-07	2,10E-07	4,26E-07	4,05E-07	1,95E-07	0,020	5,71E-07	5,43E-07	3,33E-07	0,034	6,68E-07	6,34E-07	4,25E-07	0,043
41	2,25E-07	2,14E-07	4,38E-07	4,16E-07	2,02E-07	0,021	5,88E-07	5,59E-07	3,45E-07	0,035	6,89E-07	6,54E-07	4,40E-07	0,045
42	2,30E-07	2,18E-07	4,50E-07	4,28E-07	2,10E-07	0,021	6,06E-07	5,76E-07	3,57E-07	0,037	7,10E-07	6,74E-07	4,56E-07	0,047
43	2,34E-07	2,23E-07	4,63E-07	4,40E-07	2,17E-07	0,022	6,24E-07	5,93E-07	3,70E-07	0,038	7,31E-07	6,95E-07	4,72E-07	0,048
44	2,39E-07	2,27E-07	4,75E-07	4,52E-07	2,24E-07	0,023	6,42E-07	6,10E-07	3,83E-07	0,039	7,53E-07	7,16E-07	4,89E-07	**0,050**
45	2,44E-07	2,32E-07	4,88E-07	4,64E-07	2,32E-07	0,024	6,61E-07	6,28E-07	3,96E-07	0,041	7,76E-07	7,37E-07	5,05E-07	**0,052**
50	2,69E-07	2,56E-07	5,57E-07	5,29E-07	2,73E-07	0,028	7,60E-07	7,22E-07	4,66E-07	0,048	8,95E-07	8,50E-07	5,95E-07	**0,061**
51	2,75E-07	2,61E-07	5,71E-07	5,43E-07	2,82E-07	0,029	7,81E-07	7,42E-07	4,81E-07	0,049	9,20E-07	8,74E-07	6,14E-07	**0,063**
52	2,80E-07	2,66E-07	5,86E-07	5,57E-07	2,91E-07	0,030	8,02E-07	7,62E-07	4,96E-07	**0,051**	9,46E-07	8,99E-07	6,33E-07	**0,065**
53	2,86E-07	2,71E-07	6,01E-07	5,71E-07	3,00E-07	0,031	8,24E-07	7,83E-07	5,11E-07	**0,053**	9,72E-07	9,24E-07	6,53E-07	**0,067**
54	2,91E-07	2,77E-07	6,17E-07	5,86E-07	3,09E-07	0,032	8,46E-07	8,04E-07	5,27E-07	**0,054**	9,99E-07	9,49E-07	6,73E-07	**0,069**
55	2,97E-07	2,82E-07	6,32E-07	6,01E-07	3,18E-07	0,033	8,69E-07	8,26E-07	5,43E-07	**0,056**	1,03E-06	9,75E-07	6,93E-07	**0,071**
66	3,69E-07	3,51E-07	8,28E-07	7,86E-07	4,35E-07	0,045	1,15E-06	1,09E-06	7,42E-07	**0,077**	1,37E-06	1,30E-06	9,47E-07	**0,098**
67	3,77E-07	3,58E-07	8,48E-07	8,05E-07	4,47E-07	0,046	1,18E-06	1,12E-06	7,63E-07	**0,079**	1,40E-06	1,33E-06	9,73E-07	**0,101**
68	3,84E-07	3,65E-07	8,68E-07	8,25E-07	4,59E-07	0,048	1,21E-06	1,15E-06	7,84E-07	**0,081**	1,44E-06	1,36E-06	1,00E-06	**0,104**
69	3,92E-07	3,73E-07	8,89E-07	8,44E-07	4,72E-07	0,049	1,24E-06	1,18E-06	8,05E-07	**0,084**	1,47E-06	1,40E-06	1,03E-06	**0,107**
70	4,00E-07	3,80E-07	9,10E-07	8,64E-07	4,84E-07	**0,050**	1,27E-06	1,21E-06	8,26E-07	**0,086**	1,51E-06	1,43E-06	1,05E-06	**0,110**
71	4,08E-07	3,88E-07	9,31E-07	8,85E-07	4,97E-07	**0,052**	1,30E-06	1,24E-06	8,48E-07	**0,088**	1,55E-06	1,47E-06	1,08E-06	**0,113**
78	4,69E-07	4,45E-07	1,10E-06	1,04E-06	5,95E-07	**0,062**	1,54E-06	1,46E-06	1,02E-06	**0,107**	1,83E-06	1,74E-06	1,30E-06	**0,136**
79	4,78E-07	4,54E-07	1,12E-06	1,06E-06	6,10E-07	**0,064**	1,57E-06	1,50E-06	1,04E-06	**0,109**	1,88E-06	1,78E-06	1,33E-06	**0,140**

- индекс $\widetilde{R}_i^G$ оценивается как низкий, приемлемый

0.0XX - индекс $\widetilde{R}_i^G$ оценивается как умеренный, требующий дополнительных мероприятий по снижению

gost.e-ecolog.ru