

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОТЕХНОЛОГИЙ. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

В.Н.Никитина

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья»
Роспотребнадзора, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nikitina@s-znc.ru

Резюме. В работе представлен анализ тенденций развития современных радиотехнологий, дана характеристика электромагнитной обстановки в среде обитания человека, проблем с обеспечением электромагнитной безопасности населения.

Ключевые слова: радиотехнологии, электромагнитные излучения, риск здоровью, гигиеническое нормирование, контроль

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MODERN RADIO TECHNOLOGIES. THE PROBLEM OF PROVIDING ELECTROMAGNETIC SAFETY OF THE POPULATION

V. Nikitina

North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, Russia, e-mail:

nikitina@s-znc.ru

Summary. The paper presents an analysis of trends in the development of modern radio technologies, the characteristic of the electromagnetic environment in the human environment, the problems with ensuring the electromagnetic safety of the population.

Key words: radio technologies, electromagnetic radiation, health risk, hygienic regulation, control

Радиотехнологии является одним из основных элементов развития цифровой экономики в сферах государственного управления, здравоохранения, создания "умных домов" и «умных городов», других направлениях. Радиотехнологии представляют собой совокупность способов формирования, передачи, приема радиосигналов, составляющих единый технологический процесс, использующий радиочастотный спектр. Перспективы развития радиотехнологий представлены в Программе "Цифровая экономика Российской Федерации», отраслевых документах, отчетах, публикациях [1-5].

Анализ материалов показывает, что на сегодня основными типами радиоэлектронных средств (РЭС), создающими электромагнитные излучения (ЭМИ) на селитебных территориях, являются базовые станции, ретрансляторы и пользовательские устройства для сетей подвижной радиотелефонной связи. К основным типам РЭС относятся точки доступа для сетей беспроводного широкополосного доступа, передатчики телевизионного и радиовещания, земных станций спутниковой связи, радиорелейные станции миллиметрового диапазона радиоволн, устройства малого радиуса действия. Каждый из перечисленных типов РЭС функционирует на основе определенной радиотехнологии. При этом большинство радиотехнологий являются цифровыми, используют широкополосные сигналы, алгоритмы адаптации энергетических, частотных и временных параметров сигналов.

**Доклад на Всероссийской конференции
«Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений»
12-13 ноября 2019 года, Москва, www.bioemf.ru**

Местами размещения РЭС являются территории с высокой плотностью населения (города, крупные населенные пункты). Излучающие антенны размещаются внутри и снаружи зданий, на антенно-мачтовых сооружениях, объектах придорожной инфраструктуры (столбы, осветительные опоры, рекламные щиты), располагаются под землей (подземные переходы, станции метрополитена). Прослеживается четкая тенденция снижения высоты размещения излучающих антенн. Развитие систем радиосвязи и относящихся к ним РЭС характеризуется разработкой и внедрением большого количества радиотехнологий, созданием универсальных аппаратных платформ, позволяющим создавать и изменять системы и сети радиосвязи за счет программного обеспечения. (Технологии радиосвязи реализуются программным способом, а не за счет замены аппаратных платформ). Внедряются подходы по совместному использованию сетевой инфраструктуры и ресурсов радиочастотного спектра несколькими операторами связи. Идет процесс освоения новых диапазонов частот (с верхней границей свыше 100 ГГц), создание и внедрение более совершенных антенных систем.

Существенным с точки зрения усложнения электромагнитной обстановки в окружающей среде, является одновременное функционирование в сетях одного типа РЭС радиотехнологий разных поколений (например, в сетях подвижной радиотелефонной связи одновременно существуют РЭС радиотехнологий 2, 3 и 4G), сейчас предполагается и 5G. Сети 5G ознаменуют собой создание единой беспроводной инфраструктуры, которая использует все возможные радиоинтерфейсы. Одним из условий будущего развития 5G будет повышение спектральной эффективности передаваемых сигналов за счет применения новых сигнально-кодовых конструкций, отличных от сигналов, используемых в сетях 4G. В сетях 5G появятся новые решения в области инфраструктуры:двигающиеся узлы (базовые станции) связи (Moving 5G Node) идвигающиеся транспортные сети (Moving 5G Backhaul), что продиктовано необходимостью внедрения 5G при создании интеллектуальных транспортных сетей. Эти решения позволят оснастить международные автомобильные магистрали движущимися сетями связи. Анализ технологии 5G с позиции электромагнитной безопасности рассматриваются в работе [4].

Можно констатировать, что развитие современных радиотехнологий идет в направлении расширения использования спектра в полосах частот, биологическое действие которых не изучено. Особенности новых условий воздействия ЭМП на человека является наличие множества типов РЭС, функционирующих на определенных технологиях, большинство из которых являются цифровыми и используют широкополосные сигналы. Функционирование в сетях радиотехнологий, принадлежащих к разным поколениям формирует многочастотный спектральный состав радиоизлучений в окружающей среде. Совмещение излучений разных стандартов и радиотехнологий с разными вариантами частот и модуляции сигналов является существенным с точки зрения биологического действия ЭМИ. Сложная электромагнитная обстановка дополняется колебаниями интенсивности ЭМИ и временных параметров воздействия электромагнитных излучений. Процесс насыщения радиоэлектронными средствами территорий с высокой плотностью населения сопровождается снижением высот установки антенн и размещения их в зданиях различного назначения.

**Доклад на Всероссийской конференции
«Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений»
12-13 ноября 2019 года, Москва, www.bioemf.ru**

Очевидно, что сегодня перед специалистами отрасли связи и медико-биологического профиля стоит сложная задача разработки гигиенических нормативов комбинированного воздействия электромагнитных излучений, создаваемых современными РЭС. В гигиенической практике качестве критерия безопасности применяются предельно допустимые уровни (ПДУ) электромагнитных полей, устанавливаемые для населения. В 90-е годы в стране были сформулированы теоретические основы и разработаны методологические подходы к гигиеническому нормированию электромагнитных излучений в условиях населенных мест, где воздействию ЭМИ могут подвергаться дети, люди пожилого возраста, больные, то есть лица наиболее чувствительные к воздействию неблагоприятных факторов. На основании многолетних фундаментальных исследований, выполненных научными учреждениями Министерства здравоохранения, Академии медицинских наук, университетами были установлены основные параметры радиоизлучений, определяющих биологический эффект (длина волны, интенсивность и время воздействия, поляризация, модуляция сигнала). Определено влияние на эффект воздействия ЭМП анатомо-топографических и функциональных характеристик биообъектов. Первым этапом научного обоснования ПДУ ЭМИ является оценка реальных параметров ЭМП и интенсивности электромагнитных излучений в окружающей среде для последующего моделирования электромагнитной обстановки в экспериментальных условиях. Поэтому уже на первом этапе научного обоснования ПДУ должны разрабатываться методические вопросы определения уровней ЭМП расчетными и инструментальными методами уровней ЭМИ, создаваемых антеннами современными РЭС. К сожалению, в настоящее время отечественная аппаратура не обладает частотной селективностью и во многих случаях не позволяет измерить и определить реальные параметры электромагнитных сигналов. На втором этапе при моделировании электромагнитного облучения в эксперименте должны обеспечиваться близкие к натурным условиям параметры электромагнитного поля, определяющие биологический эффект. В процессе нормирования ЭМП определенных частотных сигналов для выявления тепловых эффектов, оценки эквивалентности условий облучения различных биологических объектов целесообразно применение методов теоретической дозиметрии, основанной на вычислительных методах и экспериментальной дозиметрии поглощения и распределения энергии. В последующем, для научного обоснования гигиенического норматива, должны выполняться исследования биологического действия электромагнитных излучений в условиях хронических экспериментов для изучения влияния на чувствительные органы и системы организма. В стране выполняются исследования биоэффектов ЭМИ, в которых констатируется изменения в различных органах и системах организма и это естественно. Организм человека не может не реагировать на воздействие техногенных электромагнитных полей, так как фактор является чуждым для организма. Однако необходимо сосредоточить усилия научного сообщества не на выявлении отдельных эффектов, а на научном обосновании предельно допустимых уровней ЭМИ, являющихся критерием безопасности.

Анализ направлений развития новых радиотехнологий свидетельствует, что размещение большого количества РЭС в городах с высокой плотностью проживания населения приведет к существенному усложнению электромагнитной обстановки в зонах проживания людей, насыщению среды обитания человека ЭМИ в диапазоне

**Доклад на Всероссийской конференции
«Актуальные проблемы радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений»
12-13 ноября 2019 года, Москва, www.bioemf.ru**

частот свыше 300 МГц. В новых условиях требуется пересмотр подходов к обеспечению электромагнитной безопасности населения. Тенденции развития новых радиотехнологий, их значение для цифровой экономики страны представлены в нормативных актах, отчете [1,2,3,]. В документах отмечается все возрастающую роль применений радиотехнологий во всех областях жизни общества. В качестве стоящих задач указывается необходимость защиты информации, изучение и устранение радиопомех. Из экологических аспектов обращается внимание на повышение потребления электроэнергии, утилизацию устройств радиосвязи и вспомогательных систем, обеспечивающих функционирование устройств радиосвязи (аккумуляторные батареи, системы заземления и др.). Однако практически не рассматриваются вопросы защиты населения от электромагнитных радиоволновых излучений. В оценке перспектив развития цифровой экономики необходим системный подход.

Список литературы

1. Программа "Цифровая экономика российской федерации" /Утверждена распоряжением правительства российской федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р
2. Паспорт национальной программы "Цифровая экономика Российской Федерации" / Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 г. № 16)
3. Концепция развития системы контроля за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств гражданского назначения в Российской Федерации на период до 2025 года /Утверждена решением ГКРЧ от 4 июля 2017 г. № 17-42-06
4. Развитие и 5G в России - взгляд в будущее / Совместный отчет GSMA Intelligence, Аналитического Центра при Правительстве Российской Федерации, Союза ЛТЕ. 2019.- 28 с.
5. Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М., Сподобаев М.Ю. безопасность: критические характеристики сетей 5 G/ Электросвязь № 4 2019 . С.53-58



**Федеральное бюджетное учреждение науки
«Северо-Западный научный центр гигиены и
общественного здоровья»**

**Тенденции развития современных
радиотехнологий. Проблемы обеспечения
электромагнитной безопасности населения**

Никитина В.Н.

*Заведующая отделением изучения электромагнитных
излучений*

доктор медицинских наук



- **Электромагнитная безопасность** – система организационных и технических мероприятий, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электромагнитного поля.
- **Радиотехнологии** - это совокупность способов формирования, передачи, приема радиосигналов, составляющих единый технологический процесс, использующий радиочастотный спектр.





Определение понятия население

- В международном праве под населением понимается совокупность физических лиц, живущих на территории определенного государства и подчиненных его юрисдикции.
- Согласно санитарным нормам и правилам, при рассмотрении воздействия электромагнитных полей (ЭМП) и гигиеническом нормировании фактора рассматриваются отдельно 2 группы населения.



Первая группа населения

- **Лица, профессионально связанные с воздействием ЭМП:**
 - предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМП дифференцированы в зависимости от:
 - частотного диапазона
 - продолжительности облучения в течение рабочей смены.
 - учитывается, что работники проходят предварительный (при поступлении на работу) и периодический медосмотры



Вторая группа населения



- **Лица, подвергающиеся воздействию ЭМП, создаваемых антеннами передающих радиотехнических объектов (ПРТО), на селитебных территориях, в местах массового отдыха, внутри жилых и общественных зданий.**
- при гигиеническом нормировании ЭМП учитывается влияние фактора на группы повышенного риска (дети, лица пожилого возраста, с нарушениями здоровья)
- ПДУ ЭМП дифференцированы по частоте,
- учитывается вероятность круглосуточного облучения.



Основные типы излучающих радиоэлектронных средств на селитебных территориях



- Базовые станции сухопутной подвижной радиосвязи
- Ретрансляторы сигнала
- Точки беспроводного широкополосного доступа
- Передатчики телевизионного и радиовещания
- Земные станции спутниковой связи
- Радиолокационные станции
- Радиорелейные станции



Варианты размещения базовых станций сотовой радиосвязи



- На объектах капитального строительства
- Антенно-мачтовых сооружениях
- Объектах придорожной инфраструктуры (столбы, осветительные опоры, рекламные щиты)
- В подземных переходах
- Станциях метрополитена
- Внутри общественных и административных зданий



Направления развития систем радиосвязи



- Разработка и внедрение большого количества новых радиотехнологий (способов приема, передачи и формирования радиосигналов)
- Реализация технологии радиосвязи программным способом, а не за счет замены аппаратных платформ
- Внедрение совместного использования сетевой инфраструктуры и ресурсов радиочастотного спектра несколькими операторами связи.
- Освоения новых диапазонов частот
- Внедрение более совершенных антенн



Системный подход предполагает :

- комплексное изучение явления или процесса как единого целого
- позволяет правильно формулировать цели работы и обеспечить их выполнение
- определить наиболее важные аспекты,
- позволяет прогнозировать события
- эффективно управлять сложными системами в условиях организации работы многих специалистов и необходимости объединения знаний многих наук



Теоретические и методологические подходы к научному обоснованию предельно допустимых уровней ЭМП



- Разработаны на основании теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в институтах гигиенического профиля Министерства здравоохранения, Академии медицинских наук, Военно-медицинской Академии.
- Исследованиями были установлены кумулятивный эффект действия фактора
- Определены наиболее чувствительные системы организма (центральная нервная система, иммунная, эндокринная, репродуктивная системы).



Теоретические и методологические подходы к научному обоснованию предельно допустимых уровней ЭМП



- Разработаны рекомендуемые методы исследования:
- Физиологические, биохимические, генетические
- эндокринологические, иммунологические,
- исследования крови, репродуктивной функции,
- эмбриотоксичности и терратогенности фактора



Теоретические и методологические подходы к научному обоснованию предельно допустимых уровней ЭМП

Экспериментально установлена зависимость биоэффектов от физических характеристик ЭМП РЧ и режимов эксплуатации источников:

- Частоты излучения и модуляции сигнала,
- Длительности импульса и частоты следования,
- Частоты сканирования луча и прерывистости облучения радиолокационных станций, обусловленной вращением антенн РЛС
- Интенсивности и продолжительности облучения.



Этапы научного обоснования гигиенических нормативов ЭМП



- **Первый этап**- это оценка реальных уровней ЭМП в окружающей среде путем расчетного прогнозирования и проведения инструментальных измерений.
- **Второй этап** - создание стендовой базы, позволяющей моделировать в эксперименте реальные физические характеристики ЭМП и интенсивности излучения. _
- **Третий этап**- выполнение биологических исследований реакций организма на воздействие ЭМП
- **Четвертый этап** – оценка биоэффектов и определение ПДУ ЭМП.



Современная электромагнитная обстановка в окружающей среде определяются:



- Применением множеством типов РЭС, функционирующих на определенных технологиях, большинство из которых являются цифровыми и используют широкополосные сигналы.
- Совмещением стандартов с разными вариациями частот, что определяет многочастотный спектральный состав радиоизлучений с различной модуляцией сигналов.
- Использованием РЧ спектра в новых полосах частот,
- Флуктуацией интенсивности электромагнитных излучений в окружающей



Методические указания по определению уровней ЭМП передающих радиотехнических объектов.



- МУК «Определение уровней электромагнитного поля, создаваемого излучающими техническими средствами телерадиовещания и базовыми станциями сухопутной подвижной связи».
- МУК «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц»



Постановлении Совета Федерации РФ от 21 марта 2018 года № 79



Рекомендовать Правительству Российской Федерации рассмотреть возможность принятия Федеральной целевой программы «Обеспечение электромагнитной безопасности населения и окружающей среды в Российской Федерации».

Целями и задачами программы будет обеспечение электромагнитной безопасности населения, разработка современных средств и методов защиты от отрицательного воздействия электромагнитных полей, совершенствование нормативно-правового регулирования сферы.



- Belyaev I, Dean A, Eger H, Hubmann G, Jandrisovits R, Kern M, Kundi M, Moshhammer H, Lercher P, Müller K, Oberfeld G, Ohnsorge P, Pelzmann P, Scheingraber C, Thill R.
- EUROPAEM EMF Guideline 2016 for the prevention, diagnosis and treatment of EMF-related health problems and illnesses.
- *Rev Environ Health. 2016 Sep 1;31(3):363-97. doi: 10.1515/reveh-2016-0011.*



Выводы и предложения

1. Развитие цифровой экономики сопровождается существенным ростом числа источников электромагнитных полей радиочастотного диапазона в среде обитания человека.
2. Для обеспечения от электромагнитной безопасности населения необходимо проведение научных исследований для разработка новых нормативных и методических документов, приборов контроля интенсивности излучений, научно-обоснованных мероприятий по защите населения от ЭМП радиочастот.



3. Учитывая Постановление Совета Федерации РФ от 21 марта 2018 года № 79, внести в «Дорожную карту» управления развитием Цифровой экономики направление «Электромагнитная безопасность».
4. В составе автономной некоммерческой организация (АНО) «Цифровая экономика» целесообразно организовать направление «Электромагнитная безопасность».



ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья»



Спасибо
за
внимание!

