

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2018 Issue: 03 Volume: 59

Published: 13.03.2018 <http://T-Science.org>

SECTION 26. Radio-technique. Electronics.
Telecommunications.

Marina Yur'evna Zvezdina
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
associate professor
head of the department of Don State Technical
University,
Russia, Rostov-on-Don
zvezdina_m@mail.ru

Yulia Aleksandrovna Shokova
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
associate professor of Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don

Hayder Tahseen Ali Hussan Al-Ali
graduate student of Don State Technical University,
Russia, Rostov-on-Don

Ghussan Hussan Ali Al-Farhan
graduate student of Don State Technical
University, Russia, Rostov-on-Don

ELECTROMAGNETIC BACKGROUND STRENGTHENING AS A NEGATIVE RESULT OF DIGITAL ECONOMY ADVANCE (REVIEW)

Abstract: The results of analytic survey are presented to identify the reasons behind the essential electromagnetic background strengthening in large cities in the conditions of digital economy advance. It is shown that the main contribution to the background increase is made by cellular communication systems. This is due to the fact that they are the main component of the digital economy, for they provide wireless Internet access. The review of the result analysis of known studies on revealing the link between the increase in the number of radiating antennas of cellular communication systems and the population incidence are presented. It is shown that a significant change in the electromagnetic background requires an appropriate regulatory documents adjustment, as well as the constant electromagnetic monitoring.

Key words: digital economy, wireless Internet access, electromagnetic background, nonthermal electromagnetic field effect, population health, preventive measures.

Language: Russian

Citation: Zvezdina MY, Shokova YA, Al-Ali HT, Al-Farhan GH (2018) ELECTROMAGNETIC BACKGROUND STRENGTHENING AS A NEGATIVE RESULT OF DIGITAL ECONOMY ADVANCE. ISJ Theoretical & Applied Science, 03 (59): 29-42.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-03-59-7> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2018.03.59.7>

UDC621.396.67

РОСТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА КАК НЕГАТИВНОЕ СЛЕДСТВИЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ (ОБЗОР)

Аннотация: Приводятся результаты аналитического обзора по выявлению причин существенного роста электромагнитного фона в крупных городах в условиях формирования цифровой экономики. Показано, основной вклад в увеличение фона вносят системы сотовой связи. Это обусловлено тем, что они являются основной составляющей цифровой экономики, поскольку обеспечивают беспроводной доступ в Интернет. Приводятся результаты анализа результатов известных исследований по выявлению взаимосвязи между увеличением числа излучающих антенн систем сотовой связи и заболеваемостью населения. Показано, что существенное изменение электромагнитного фона требует соответствующей корректировки нормативных документов, а также постоянного ведения электромагнитного мониторинга.

Ключевые слова: цифровая экономика, мобильный доступ в Интернет, электромагнитный фон, тепловое воздействие электромагнитного поля, здоровье населения, предупредительные мероприятия.

Введение



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

Одной из мировых тенденций в настоящее время является формирование цифровой экономики [1-5]. Достоинства данного уровня развития экономики подробно описаны. В то же время требуется оценить и негативные последствия ее внедрения. В частности, необходимо оценить изменение электромагнитного фона вследствие расширения использования мобильных беспроводных технологий, а также воздействие данного фона на здоровье населения. Для проведения клинических исследований, как показано в [6, с.358], требуется длительное время. В связи с этим в данной работе использованы ранее опубликованные результаты клинических исследований, а также мнения по данному вопросу известных специалистов-гигиенистов.

Таким образом, *цель статьи* – оценка возможного вреда для здоровья населения от расширения систем сотовой связи в связи с внедрением цифровой экономики.

Основная часть

Развитие инфокоммуникационных систем в России как основа формирования цифровой экономики

Анализ возможных направлений развития телекоммуникационных систем в России будем рассматривать с учетом тенденций развития экономики в целом. Это обусловлено тем, что, являясь одной из ее отраслей, они, в свою очередь своей продукцией - услугами в виде передачи сообщений и предоставления технических средств для передачи сообщений – обеспечивают успешное развитие современного бизнеса [7, с.12].

Экономика России на современном этапе глобализации является неотъемлемой частью мировой экономики [8, с.8; 9, с.4]. Вследствие этого на нее распространяются и общемировые тенденции развития, суть которых заключается в крупномасштабном освоении и распространении базисных инноваций шестого технологического уклада, одними из которых являются глобальные информационные сети, создаваемые по каналам фиксированного и мобильного доступа. Следует отметить, что использование данных сетей на базе мобильного широкополосного доступа в Интернет позволило увеличить показатель внедрения мобильных технологий в бизнес уже в 2011 г. в развитых странах величины до 57 % [1, с.7]. Это, в конечном счете, поднять экономику на новый эволюционный уровень - цифровую экономику [1-3; 4, с.104]. Новая экономика в своем цифровом содержании, как показано в [4, с.106], «... характеризует более глубокий этап экономического развития общества на основе достижений 5-го и 6-го технологических укладов, когда индивидуалы и компании всего мира могут

быть связаны между собой в самых многообразных сочетаниях благодаря Network и вступают в бизнес-отношения с использованием цифровых технологий практически мгновенно и независимо от посредников, расстояния или географического положения рынков, включая рынки инновационных цифровых технологий, продуктов, сервисов и услуг». Развитие цифровой экономики, по приведенному в [4, с.106] мнению профессора А.Е. Зубарева, в конечном счете, «... обеспечивает устойчивый рост экономики в условиях глобализации».

Таким образом, процесс цифровизации общественного производства ускоряется вследствие своей высокой экономической эффективности и тем самым делает стимулирование данного процесса целесообразным.

Техноцифровая природа экономических отношений, как показано в [4, с.104], является ключевым отличительным признаком цифровой экономики. В связи с этим и экономический эффект от её формирования оценивается показателем зависимости между увеличением числа пользователей высокоскоростного Интернета и приростом ВВП. По данным [2, с.19] ежегодное увеличение числа пользователей высокоскоростного Интернета на 10 % приводит к приросту ВВП на 0.4..1.4 %. В настоящее время внедрение цифровой экономики в мире осуществляется неравномерно. Лидером в данном вопросе являлась в 2016 г. Великобритания, в которой доля цифровой экономики составляет 12.8 %, Россия занимала 13 место с показателем 2.8 %. По прогнозам [2, с.19] при сохраняющихся темпах роста числа пользователей Интернет к 2030 году доля цифровой экономики в мировом ВВП достигнет 30-40 %.

Выявленная взаимосвязь между внедрением мобильных технологий в бизнес и ростом ВВП делает экономически привлекательным увеличение доли цифровой экономики в общем объеме, что подтверждается принятием в 2017 году Правительством России программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [5], направленной на устранение отставания страны по данному показателю от мировых лидеров. В качестве приоритетных направлений в данном документе выбраны составляющие индекса I-DESI [5, с.9], используемого в различных признанных международных организациях, например, в Организации экономического сотрудничества и развития, в Международном союзе электросвязи, в Организации объединенных данных и т.д., для оценки степени развития цифровой экономики. Входящие в состав данного индекса компоненты (связь, человеческий капитал, использование сети Интернет, внедрение цифровых технологий в



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

бизнесе и цифровые услуги для населения) определили в программе [5, с.2-3] соответствующие направления развития - нормативного регулирования, кадров и образования; формирования исследовательских компетенций и технических заделов; информационной структуры и информационной безопасности- с выделением основных сквозных цифровых технологий. Анализ перечисленных выше компонент индекса показывает, что одним из его основных составляющих является степень развития систем связи, особенно мобильной. Данный вывод подтверждается тем фактом, что в программе [5, с.3] увеличение данного показателя предусматривается направлением «Информационная структура».

Негативным следствием роста систем беспроводной связи, а, следовательно, и цифровой экономики в целом, является изменение электромагнитного фона. Следует отметить, что по данным [8, с.45] за период с конца XIX века по начало XXI века рост общего электромагнитного фона Земли, в том числе и за

счет систем связи, составил от 10^{-24} – 10^{-12} Вт/м² до 10^{-1} – 10 Вт/м².

Оценим расширение систем беспроводной связи, предусмотренный программой [5, с.2] до 2024 г. вместе с изменением количества высококвалифицированных специалистов в области ИКТ, обладающих требуемыми знаниями и умениями в управлении структурой электромагнитного поля антенн базовых станций. Для оценки указанных показателей на более раннем этапе воспользуемся данными, приведенными в ранее принятом документе «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Информационное общество (2011-2020 годы)» [10]. Динамика данных показателей отражена на гистограмме рис. 1. Кроме того, учтем, что в [5, с.17] ставится задача обеспечения во всех крупных городах (1 млн. человек и более) устойчивого покрытия стандарта 5G и выше. Последнее связано с тем, что уже в 2016 году число пользователей мобильного широкополосного доступа в Интернет в 4 раза превышает число пользователей фиксированного доступа [11, с.16].

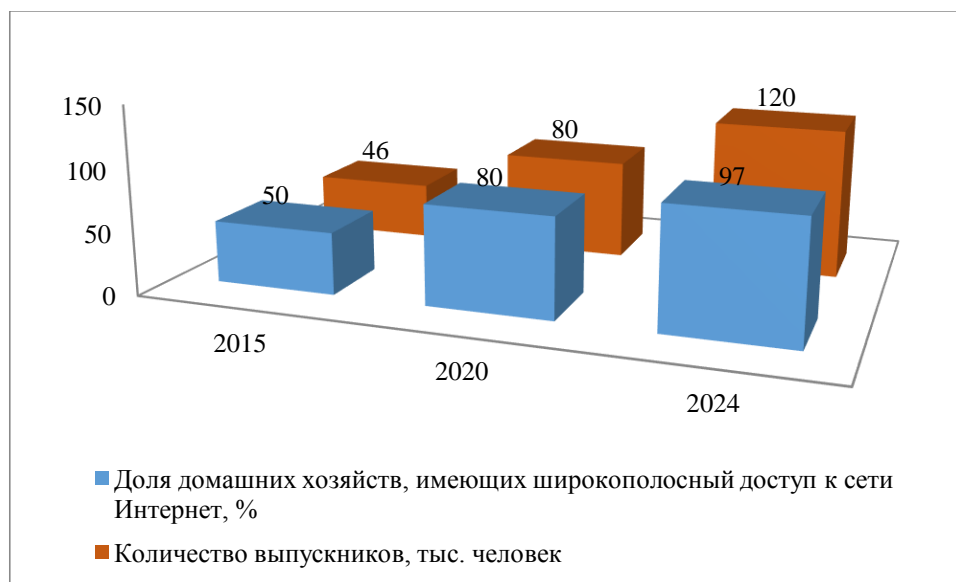


Рисунок 1 – Динамика изменения исследуемых показателей в соответствии с [5, 10].

Анализ данных, приведенных на рисунке 1, показывает, что в период до 2024 г. число потребителей широкополосного доступа в Интернет, в том числе мобильного, будет только расти. При этом прирост числа пользователей составит более 50 %. Планируемый рост скорости доступа в Интернет к 2024 году должен существенно (на два порядка) возрасти. Для успешной эксплуатации сетей связи число квалифицированных работников, обеспечивающих бесперебойную высокоскоростную связь и широкополосных

доступ в Интернет, в том числе мобильный, а также решающих вопросы электромагнитной экологии необходимо увеличить число выпускников по ИКТ направлению более чем в два раза.

Таким образом, выполненный анализ тенденций развития систем телекоммуникации показал, что тенденции развития данных систем обусловлены развитием экономики, поскольку системы телекоммуникации являются одной из ее отраслей, обеспечивающих успешное развитие современного бизнеса. Степень развития

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

цифровой экономики в стране определяется, в том числе, уровнем развития систем связи, особенно мобильной. В принятой программе «Цифровая экономика Российской Федерации» рост данного показателя определяется направлением «Информационная структура». Выполненный анализ программы развития беспроводных технологий мобильного доступа в Интернет в России показал, что для обеспечения основных показателей программы «Цифровая экономика Российской Федерации» до 2024 года должен наблюдаться их устойчивый рост на основе развертывания сетей сотовой связи и перехода к новым технологиям беспроводного доступа (5G и выше). Проектирование данных сетей, а также эксплуатация потребует увеличить число выпускников инфокоммуникационных направлений почти в 3 раза за 6 лет, чтобы достичь к 2024 году значения в 120 тыс. человек.

Изменение электромагнитного фона в больших городах вследствие внедрения систем мобильного доступа в Интернет

Оценим негативные последствия реализации ряда технических мероприятий документа «Цифровая экономика Российской Федерации» [5], обусловленных необходимостью существенного расширения сетей широкополосного доступа к глобальным информационным сетям. Как известно, например, из [12], доступ в Интернет может быть фиксированным (по проводам) и мобильным (с использованием беспроводных соединений, т.е. по радиоканалам). Поскольку большой вклад в изменение электромагнитного фона вносят радиоканалы, число пользователей которого в 2017 году, как следует из [11, с.16], почти в четыре раза превышало пользователей фиксированного доступа, и, кроме того, развитие цифровой экономики базируется на внедрении мобильных технологий, дальнейший анализ будем проводить для сетей мобильного широкополосного доступа в Интернет.

Мобильный широкополосный доступ в Интернет в настоящее время обеспечивается применением следующих технологий мобильной связи [12]: WCDMA/HSP (поколение 3.5G), HSPA+ (поколение 3.75G), LTE-Advanced (4G), WirelessMAN-Advanced (WiMAX). Не вдаваясь в технические подробности различий в стандартах, сети беспроводной связи предполагают организацию двух типов радиоканалов: фиксированных (между антеннами базовых станций) и мобильных (между абонентами, которые могут перемещаться по территории либо на уровне земли, либо находящихся внутри зданий, и антеннами базовых станций). В такой схеме источниками электромагнитного поля являются работающие круглосуточно в режиме

передачи антенны базовых станций и антенны мобильных телефонов [12, 13, 14, с.154], организующие каналы в краткие промежутки времени.

Выполним анализ структуры электромагнитного фона, создаваемого антеннами базовых станций. К параметрам сотовой связи, определяющим ее гигиеническое значение как фактора риска для популяционного здоровья, обычно относят условия размещения базовых станций, их количество на территории обслуживания, характеристики передатчиков, количество пользователей и т.д.

Плотность размещения. В настоящее время среднее число базовых станций сотовой связи на квадратный километр по данным [14, с.153] составляет 11, а в крупных городах, таких как Калининград – 122, в Москве и Московской области – 546. Переход на новый стандарт LTE [15, с.178; 16] потребует дополнительного увеличения числа базовых станций, поскольку он предполагает использование для передачи данных более высокие частоты, а, следовательно, и уменьшение дальности связи почти в 3 раза – с 0.7 км до 0.25 км [17]. В [18] показано, что в России ежегодно вводится в строй порядка 2 млн. базовых станций.

Рабочий диапазон и спектр. По своей сути, как следует из [17], базовые станции являются приемо-передающими радиотехническими объектами, излучающими электромагнитную энергию в частотном диапазоне 800..3000 МГц. Кроме того, каждая базовая станция дополнительно оснащена комплектом приемо-передающего оборудования радиорелейной связи, работающем в диапазоне 3..40 ГГц и обеспечивающем интеграцию базовой станции в сеть в целом. Метод радиодоступа в 3G – прямое расширение спектра с частотным дуплексным разносом (DS-CDMA FDD). Переход на новые стандарты, например, LTE, а также интеграция систем сотовой связи с системами спутникового позиционирования и навигации, сопровождается изменением спектральных характеристик излучаемого сигнала, что приводит к появлению вокруг станции новых электромагнитных сигналов [18].

Суммарная мощность и число антенн на базовой станции. Суммарная мощность передатчиков антенн базовых станций в целом не превышает 40 Вт (43 дБм) [17]. В качестве антенн могут применяться как слабонаправленные с круговой диаграммой направленности в горизонтальной плоскости типа Omni, так и секторные с шириной главного лепестка в горизонтальной плоскости от 60 до 90 градусов. Число антенн на базовой станции в этом случае будет либо одна всенаправленная, либо 6 или 4 в зависимости от ширины главного лепестка



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

диаграммы направленности антенны. Максимальный коэффициент усиления для секторных антенн составляет 19 дБ. В стандарте LTE используется решетка с изменяющейся шириной главного лепестка в горизонтальной плоскости. В вертикальной плоскости антенны имеют узкий главный лепесток. Число антенн, входящих в состав решетки, выбирается равным 9 (по 3 на каждый сектор).

Размещение и периодичность генерации поля. В соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 [19] антенны базовых станций устанавливаются обычно на высоте 15-100 м от поверхности земли на уже существующих

постройках. В качестве них могут рассматриваться общественные, производственные и жилые здания, дымовые трубы промышленных предприятий и т.п. Кроме того, антенны могут размещаться и на специально сооруженных мачтах. Излучаемая антенной базовой станции мощность является не постоянной и зависит от количества абонентов, обслуживаемых базовой станцией в данный момент времени, местоположением базовой станции, временем суток, дня недели. На рис. 2 приводится типичный график почасовой загрузки базовой станции сотовой связи из [18].

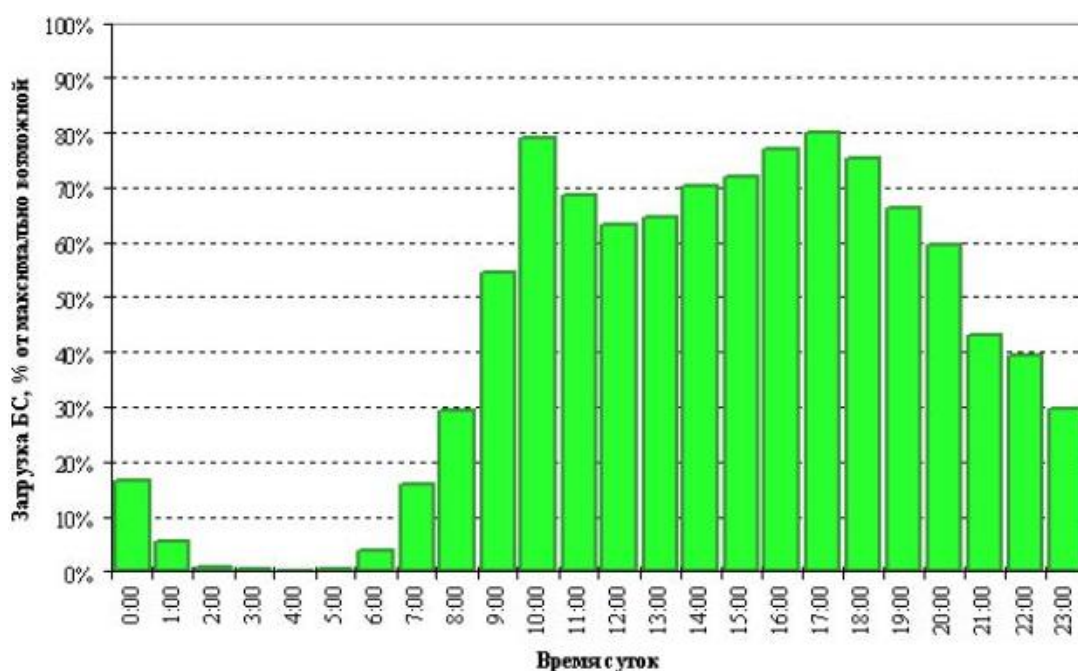


Рисунок 2 – Типичный график суточной нагрузки базовой станции из [18].

Анализ графика, показанного на рис. 2, подтверждает факт постоянного воздействия излучаемого электромагнитного поля базовых станций на окружающую среду в пределах всей зоны действия станции.

Изменение электромагнитного фона. Антенны систем базовых станций и мобильных телефонов, получивших широкое распространение с начала 2000-х, наряду с антеннами телевизионных и радиопередающих центров относятся, как показано в [20, с.21; 21; 22, с.52; 23; 24; 25, с.31], к источникам неионизирующего излучения. Изменения электромагнитного фона стало регистрироваться с начала 50-х годов прошлого века вследствие массового использования систем радиосвязи и телевидения сначала в США, а потом и в Европе. К концу 70-х годов прошлого века, как показано в [25], уровень электромагнитного фона в крупных

городах достиг величины в 1 мкВт/см^2 . В настоящее же время городское население по данным Агентства по охране окружающей среды, как показано в [25, с.23] «...может облучаться высокочастотным неионизирующим излучением интенсивностью порядка нескольких мкВт/см^2 , а жители высоких зданий, расположенных вблизи антенн радио- и телевизионных станций, могут подвергаться воздействию излучений, уровни которых колеблются от нескольких сотен мкВт/см^2 до нескольких мВт/см^2 ». Создаваемый электромагнитный фон является неравномерным [26, с.289]: фоновые значения перемежаются участками со значениями, во много раз превышающими фон. Общий электромагнитный фон, как показано в [27], уже в 2013 году превышал естественный фон в $8.3 \dots 10^4$ раз. При этом существенным отличием электромагнитного фона, создаваемого в настоящее время, от

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

середины прошлого века является повышение общего уровня за счет равномерного распределения антенн базовых станций сотовой связи в районах проживания городского населения.

Влияние электромагнитных полей систем мобильного доступа в Интернет на здоровье человека

Типы воздействия электромагнитного поля на здоровье человека. Существенное изменение электромагнитного фона на селитебных территориях закономерно вызывает вопрос о его воздействия на здоровье человека. Это обусловлено тем, что ограничение электромагнитного поля до природного фона, предусматриваемое медико-гигиеническим подходом, является неприемлемым, а

воздействие электромагнитного фона на большие контингенты людей, включая детей, стариков и больных осуществляется круглосуточно и на протяжении ряда лет [27].

При проведении исследований, направленных на оценку воздействия электромагнитных полей радиодиапазона на здоровье человека, традиционно рассматриваются два типа воздействия на организм человека: тепловое (при высоких интенсивностях полей, более 1 мВт/см²) и нетепловое (информационное, при малых интенсивностях полей, менее 1 мВт/см²).

В таблице 1 приводятся результаты клинических проявлений воздействия излучения на организм человека от интенсивности излучения и его длительности из [22].

Таблица 1
Картина клинических проявлений воздействия микроволн на организм человека при различных интенсивностях излучения [22].

Интенсивность микроволн, мВт/см ²	Наблюдаемые изменения
600	Болевые ощущения в период облучения
200	Угнетение окислительно-восстановительных процессов тканей
100	Повышение артериального давления с последующим его снижением, в случае хронического воздействия – устойчивая гипотония. Двухсторонняя катаракта
40	Ощущение тепла. Расширение сосудов. При облучении 0,5-1 ч повышение давления на 20-30 мм рт. ст.
20	Стимуляция окислительно-восстановительных процессов тканей
10	Изменение биоэлектрической активности мозга
8	Неопределенные сдвиги со стороны крови с общим временем облучения 150 ч, изменение свёртываемости крови. ЭКГ-изменения, изменения в рецепторном аппарате
4-5	Изменение артериального давления при многократных облучениях, непродолжительная лейкопения, эритропения
3-4	Ваготоническая реакция с симптомами барикардии, замедление электропроводимости сердца
2-3	Выраженный характер снижения артериального давления, учащение пульса, колебания объёма крови сердца
1	Снижение артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объёма крови сердца. Снижение офтальмотонуса при ежедневном воздействии в течение 3.5 месяцев
0,4	Слуховой эффект
0,2	Некоторые изменения со стороны нервной системы при хроническом воздействии в течение 5-10 лет
0,1	ЭКГ-изменения
До 0,5	Понижение артериального давления при хроническом воздействии

Анализ данных таблицы 1 показывает, что время проявления реакции на тепловые и нетепловые воздействия существенно различается. Кроме того, можно добавить факт, отмеченный в [21]: при тепловом воздействии нагрев кожного покрова на 10-15 градусов может наблюдаться в течение 20 минут. Время же

реакции на нетепловое воздействие, как следует из таблицы 1, существенно больше (от 1 часа до 10 лет). Это обусловлено тем, что электромагнитное поле с экологических позиций рассматривается как «... стрессовый фактор, привнесённый в среду обитания человека, к которому организм человека не успел

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

адаптироваться, поскольку приспособления организма к тому или иному фактору среды вырабатываются в течение длительного времени и жизни многих поколений» [27, с.26].

Различия в подходах западной и российской школ-гигиенистов. В настоящее время существуют две точки зрения на количество воздействующих механизмов электромагнитного поля радиочастотного диапазона на здоровье человека. В США и в Западной Европе при оценке воздействия электромагнитного поля учитывают только тепловое воздействие [25, с.45; 28-30]. Так, в стандарте [28] отмечается, что поля считаются безопасными для здоровья, если при их воздействии температура облучаемого объекта повышается на 1 градус, а в организме человека наблюдаются эффекты, сопоставимые с имеющимися место при естественных физиологических процессах.

В России же учитываются оба типа воздействия электромагнитного поля на здоровье человека. Необходимость учета нетеплового воздействия объясняется существующими теориями нетеплового механизма воздействия электромагнитного поля (теория циклотронного резонанса, теория конформационных изменений и т.п.). В их основе лежит положение о том, что поля малой интенсивности воздействуют на естественные электрические, магнитные и электромагнитные поля человека, как биологического объекта. Источниками электрических и магнитных полей, как показано в [25, с.34-40], являются сердце, внутренние органы, кожа, мышцы, глаза, мозг. Электромагнитные поля соответствуют ритмическим изменениям внутренних органов человека.

Статистические исследования. Наряду с клиническими исследованиями [20-27, 29, 30] необходимость учета нетеплового воздействия электромагнитного поля на здоровье населения подтверждается также результатами статистических исследований, приведенными, например, в [6, 14, 15, 31]. В указанных работах приводятся результаты статистической обработки заболевших практически за десять лет в двух разделенных территориально районах – Краснодарском крае, Россия за период 2003-2012 гг. [6, 14, 15] и остров Пенанг, Малайзия за период 2006-2016 гг. [31]. В первом случае временной промежуток исследований соответствовал подготовкой к Олимпиаде в Сочи, когда наблюдался резкий рост систем беспроводной связи, приведший к увеличению плотности количества базовых станций до 90 на один квадратный километр. Во втором случае обрабатывались данные исследований в пределах генеральной выборки из 201 человека,

проживающих в круге радиусом 150 м с телекоммуникационной башней (TELCO) в центре. Сравнение осуществлялось с населением, проживающим на больших расстояниях от базовой станции сотовой связи и не подвергающихся нетепловому воздействию электромагнитных полей высокой интенсивности. Выборка отражала состав населения острова по возрасту, расам, гендерному признаку.

В качестве рабочей гипотезы в обоих случаях выдвигалось предположение Международного агентства по изучению рака, что радиочастотные поля классифицируются как возможный канцероген для людей класса опасности 2В [6].

Результаты исследований в первой области, показали [6, 14, 15], что у взрослого населения достоверную связь с развитием сети базовых станций имеют несколько классов болезней: болезнь уха, острый инфаркт миокарда, злокачественных новообразования, врожденные аномалии системы кровообращения у детского населения и ряд других. Исследования малазийских ученых статистически подтвердили взаимосвязь между нетепловым воздействием электромагнитных полей антенн на TELCO башне и неосновными симптомами (головной болью, синдромом усталости, рассеянием внимания, диареей и т.д.). Статистический уровень значимости, обратно пропорциональный надежности результата, для выявленных зависимостей составлял менее 0.05 [31].

Таким образом, учет нетеплового воздействия электромагнитных полей антенн базовых станций низкой интенсивности на здоровье населения необходим, а существующий на западе подход, по мнению М.С. Маркова [30], «... хорошо обслуживает промышленность и создает серьезный барьер для проведения профилактических действий по сохранению основной биологической ценности – здоровья человека».

Особенности решения задачи электромагнитной экологии на современном этапе

Задача обеспечения электромагнитной экологии для систем сотовой связи должна решаться с учетом двух противоположных позиций [6]: биологической вредности фактора и его социальной полезности. Ранее было показано, что мобильный широкополосный доступ в интернет, базирующийся в своем техническом решении на использовании электромагнитного излучения, имеет важное социально-экономическое значение. Однако электромагнитное поле оказывает вредное воздействие на здоровье человека. Таким



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.207
ESJI (KZ) = 4.102
SJIF (Morocco) = 2.031

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260

образом, минимизация возможного вреда от мобильного широкополосного доступа в Интернет здоровью населения при сохранении современных возможностей инфокоммуникационных сетей является насущной потребностью современного общества и актуальной проблемой для исследований.

При решении вопроса необходимо учитывать, что в городских условиях основными

источниками неионизирующего излучения, как было показано выше, является сотовая связь, включающая стационарно размещаемые передающие радиотехнические объекты (базовые станции) и мобильные телефоны, оказывающие нетепловое воздействие на организм человека. Результаты воздействия данных источников на организм человека приведены в таблице 2 из [29].

Таблица 2

Отличия воздействия источников электромагнитного поля радиодиапазона на организм человека [29].

Наименование параметра	Базовые станции	Мобильный телефон
Зависимость от частоты	Воздействие в широком частотном диапазоне	Воздействие в узком частотном диапазоне
Число источников	Большое число независимых источников	Число источников ограничено количеством работающих антенн мобильного телефона
Интенсивность воздействия	Число источников может изменяться в широком диапазоне. Интенсивность воздействия зависит от расположения человека относительно источника излучения.	Источник излучения фиксирован и не изменяется. Уровень воздействия зависит от этапа организации связи. При организации канала связи с базовой станцией – высокая интенсивность, но время воздействия небольшое. В режиме разговора интенсивность излучения небольшая, но время воздействия больше.
Время воздействия	Облучение постоянное	Облучение периодическое
Область воздействия	Весь организм человека	Локальные области, критический орган – головной мозг человека
Степень опасности воздействия	Средняя	Повышенная
Методы защиты	Отсутствуют	Мероприятия рекомендательного характера. Изменения в конструкции телефона

Анализ таблицы 2 показывает, что для здоровья человека поля обоих типов источников электромагнитных волн представляют опасность, однако области воздействия различаются.

Решение задачи электромагнитной экологии на основе введения ограничительных мер

При решении задачи электромагнитной экологии для данных источников используются ограничительные меры и ведение электромагнитного мониторинга на территории.

Ограничительный критерий – предельно допустимый уровень мощности (ПДУ). Критерий, ограничивающий интенсивность электромагнитных полей от антенн базовых станций, задается в виде предельно допустимого уровня (ПДУ) мощности поля и вводится государством посредством регламентирующих документов. Подходы к определению ПДУ, как

было показано выше, в России и за рубежом различаются, а, следовательно, отличаются нормы и показатели. Принятые в России стандарты накладывают более жесткие ограничения на ПДУ [19, 32, 33]: воздействие электромагнитного поля не должно вызывать у человека даже временного нарушения гомеостаза (включая репродуктивную функцию), а также напряжения защитных и адаптационно-компенсаторных механизмов ни в ближайшем, ни в отдаленном времени. Для оценки интенсивности электромагнитного поля используется величина плотности потока энергии (ППЭ) [19, 32, 33]. Значение ПДУ принято равным 10 мкВт/см² при воздействии полей базовых станций и 100 мкВт/см² – для мобильных телефонов [19, 32, 33]. В зарубежных стандартах ПДУ устанавливает только уровень электромагнитного поля, превышение которого вызывает регистрируемые неблагоприятные последствия для организма, умноженный на

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

коэффициент надежности (разный для профессионалов и населения). В качестве ПДУ на западе принят уровень ППЭ в 100 мВт/см^2 [28].

На рис. 3 из [20, 32] приводятся значения ПДУ различных стандартов для производственного персонала и населения.

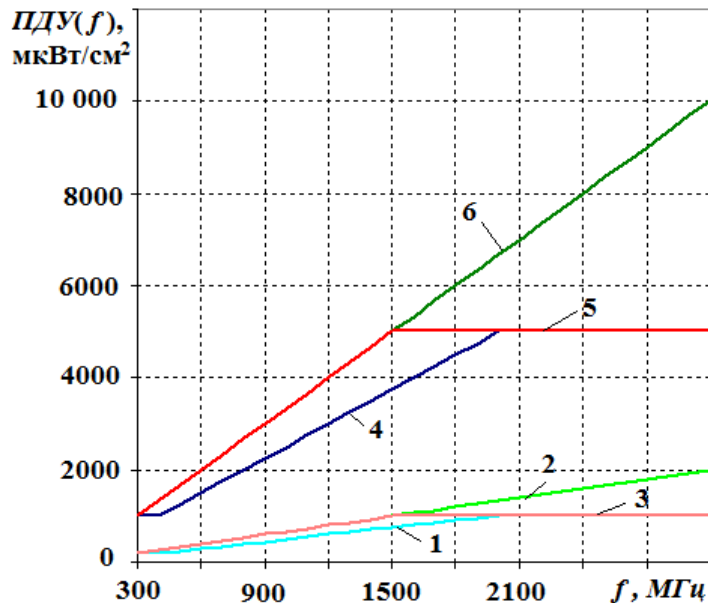


Рисунок 3 – ПДУ для различных стандартов:

- 1, 4 – ARIB (Япония, рекомендательный характер); 2, 5 – IEEE и ICNIRP (США и международный стандарт, рекомендательный характер); 3, 6 – CENELEC (страны ЕС, обязательный характер);
1-3 – ПДУ для населения; 4-6 – ПДУ для профессионалов.

Анализ данного рисунка подтверждает, что ПДУ западных стандартов (на несколько порядков) превышают аналогичный показатель российского стандарта.

Качественное сравнение оценок ПДУ. При оценке влияния электромагнитного поля на здоровье человека в рамках западной школы используется величина Specific Absorption Rate (SAR) [19, с.19; 25, с.74; 28, 32-34], трактуемая в некоторых источниках как показатель, определяющий энергию электромагнитного поля, поглощенную в тканях человека, или по уточнениям работы [34], как мощность поглощенной дозы.

Величина SAR, как следует из результатов работы [19, с.21], зависит от частоты. В данной работе, в частности, показано, что область воздействия электромагнитного поля на организм человека зависит от частоты и может распространяться либо на весь организм человека, либо сосредотачиваться на отдельных участках. Поглощение всем телом наблюдается на частотах до 400 МГц. При этом могут быть выделены частоты, на которых отдельные участки тела будут более интенсивно нагреваться. Так, на частотах до 300 МГц (в так называемых субрезонансной области) более интенсивно нагреваются шея и ноги, а в

частотном диапазоне от 300 МГц до 400 МГц – голова человека. Локальное поглощение энергии частями (органами) человека происходит при воздействии полей частотой свыше 400 МГц, но менее 2 ГГц. При этом с ростом частоты наблюдается уменьшение поглощения энергии и уменьшение размера «горячих точек» (от нескольких сантиметров на частоте 915 МГц до 1 см на частоте 3 ГГц).

Сравним между собой показатели ППЭ и SAR. Итоги сравнения сведены в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 показывает, что по своей сути показатели ППЭ и SAR должны применяться для оценки электромагнитной обстановки, создаваемой двумя типами источников электромагнитного поля. Величина ППЭ является более удобной для оценки электромагнитной обстановки источником (или несколькими источниками), расположенным на большом расстоянии независимо от вида объекта воздействия. В качестве недостатка данного показателя следует отметить невозможность учета низкочастотных модуляций сигнала стандарта GSM (2, 8 и 217 Гц). Данные частоты, как известно из [21], характерны для сотовых телефонов и совпадают с частотами собственной, естественной биоэлектрической активности головного мозга человека. Сказанное выше

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

позволяет говорить о целесообразности применения критерия ППЭ для оценки

электромагнитной обстановки вблизи антенн базовых станций сотовой связи.

Таблица 3

Определение оценок ППЭ и SAR.

	ППЭ, мкВт/см ²	SAR, Вт/кг на 10 г тканей
Соотношения для вычисления	$\text{ППЭ} = \frac{P}{4\pi R^2} \text{ [Вт/м}^2\text{]} \text{ или}$ $\text{ППЭ} = \frac{E^2}{4\pi R^2 \cdot 3.77} \text{ [мкВт/см}^2\text{]},$ <p>где P - мощность передатчика [Вт]; R - расстояние от антенны до точки наблюдения [м]; E - напряженность электрического поля на расстоянии R от антенны [В/м]</p>	$\text{SAR} = \frac{\sigma E^2}{\rho},$ <p>где σ - электрическая проводимость человеческих тканей в См/м; ρ - плотность человеческих тканей в кг/м³</p>
Область воздействия параметра	Все тело	Зависит от частоты
Область применения	Для оценки воздействия электромагнитных полей передатчика независимо от объекта воздействия	Для оценки либо локальных областей тела человека, либо при усредненной оценке по всему телу человека (зависит от электрических свойств объекта, на который воздействует поле)
Предельное значение	10 мкВт/см ² для антенн базовых станций; 100 мкВт/см ² для антенн мобильных телефонов	2 Вт/кг на 10 г тканей (Европа); 1.6 Вт/кг на 1 г тканей (США). Зависит от частоты
Учет низкочастотных модуляций сигнала стандарта GSM (2, 8, 217 ГГц)	нет	есть

Параметр SAR более удобен для оценки воздействия электромагнитного поля одиночного источника (например, мобильного телефона) на конкретный участок тела человека. Данный вывод подтверждается областями применения SAR, приведенными в [32]: для оценки и ограничения рассеяния энергии вблизи отдельных особенно чувствительных к воздействию электромагнитного поля частях тела (головы, кровеносной системы, репродуктивных органов и т.д.), а также чтобы исключить перегрев частей тела, появляющийся в результате специфичных условий воздействия. К данным воздействиям, в частности, можно отнести руки человека при настройке радиочастотного оборудования; заземленный человек, подверженный воздействию радиочастотного поля в нижней части мегагерцевого диапазона; люди, подверженные воздействию ближним полем антенн; люди, подверженные воздействию более высокочастотного участка частотного диапазона, где глубина проникновения поля низка.

Проблема нормативной базы. В России в настоящее время между гигиенистами и специалистами в области антенной техники наблюдаются разногласия по вопросу величины ПДУ, регулируемой нормативными документами. Специалисты в области антенн, точка зрения которых изложена в [18], настаивают на увеличении величины ПДУ, как минимум, в 2..3 раза. В качестве основных аргументов приводятся два: необходимостью проведения оценок оборудования систем связи, ввозимых из-за рубежа и широко используемых в России; принятием Международной электротехнической комиссией (IEC), куда входит и Россия, нового стандарта [35].

Вторая точка зрения, изложенная в [26, 29, 30] известным российским профессором медиком Ю.Г. Григорьевым, является противоположной и основывается на результатах медицинских исследований, проведенных большим числом ученых по вопросам влияния электромагнитного поля на различные органы биологических объектов. По его мнению, приведенному в [29],

Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

существующий ПДУ в 10 мкВт/см^2 , установленный в 1984 году и подтвержденный в 2011 году, «... не учитывает условия воздействия населения от стационарных внешних источников электромагнитного поля радиочастотного диапазона, включая базовые станции и Wi-Fi. Это касается и неконтролируемых источников электромагнитного поля, к которым относятся мобильные телефоны, так как в действующих российских нормативах имеются лишь рекомендации об ограничении использования мобильных телефонов». Данное мнение поддерживается результатами исследований из [29], где говорится о том, что, во-первых, критерии оценки электромагнитного поля были сформированы для условий локального размещения источников. Во-вторых, считающийся в настоящее время допустимым фоном уровень поля в 1 мкВт/см^2 должен расцениваться как значительная величина. Это обусловлено тем, что облучению подвергается уже не 1 % населения как 40 лет назад, а 100 % населения.

Подводя итог, можно сказать, что, несмотря на отмеченные разногласия, обе точки зрения сходятся в одном: существующая нормативная база должна быть пересмотрена таким образом, чтобы она «...учитывала суммирование биоэффектов, особенно на критический орган человека – головной мозг» [29], и гарантировала бы безопасность для здоровья всех групп населения.

Текущие мероприятия. Вопросы введения новой нормативной базы должны основываться на проведении длительных медицинских исследований. В то же время общество, как показано в [6], нуждается «... уже не столько в оценке риска, сколько в разработке и внедрении мер для здоровья пользователей мобильной связью и населения в целом». Данные ограничительные меры связаны с оценкой электромагнитной обстановки на селитебных территориях, доведением информации об изменяющейся обстановке до населения, принятием ряда предупредительных мер, относящихся к размещению антенн базовых станций сотовой связи. Так, в качестве предупредительных мероприятий в [6] предлагается использовать наложение моратория на размещение антенн базовых станций ближе 500 м от детских садов, школ и больниц, а также увеличение высоты размещения антенн на крышах общественных зданий по сравнению с требованиями [19]. Данные мероприятия являются целесообразными на этапе проектирования базовых станций, когда имеется план развития мобильной связи городов. Однако в условиях неконтролируемого роста числа базовых станций различных операторов и

изменении правил застройки жилых районов, отмечаемых в [18], в ряде случаев возникают ситуации, когда высотность размещения антенны базовых станций становится ниже уровня жилых этажей, а сами антенны располагаются на небольших (порядка 20-50 м) расстояниях. В силу этого для устранения электромагнитной фобии населения необходимо проведение социально ориентированного электромагнитного мониторинга. Как показано в [36], его целью является своевременное и оперативное информирование населения об уровне электромагнитного загрязнения той или иной территории, с наглядной визуализацией полученных данных.

Для обеспечения доступности, наглядности и возможности быть понятыми населением при оформлении результатов мониторинга (юридической и технической обоснованности размещения, назначения, составе, характеристиках и зонах безопасности излучающих объектов) применяются информационные технологии и интернет. Примеры получаемых в рамках социально ориентированного электромагнитного мониторинга результатов визуализации электромагнитной обстановки вблизи антенн систем сотовой связи приведены, например, в работах [37-42]. Анализ данных работ, а также перспективы развития систем беспроводной связи, изложенные в [8], позволяют говорить о необходимости учета в дальнейшем при выполнении визуализации электромагнитной обстановки вблизи базовых станций частотной зависимости диаграмм направленности антенн стандартов LTE и 5G.

Заключение

Выполненный анализ развития цифровой экономики показал, что беспроводные системы связи являются одной из её основных образующих. Экономическая привлекательность увеличения доли цифровой экономики в общем объеме ВВП и отставание Российской Федерации по данному показателю от мировых лидеров обусловили принятие Правительством России постановления «Цифровая экономика Российской Федерации» с выделением в качестве одного из приоритетных направлений существенное расширение сетей беспроводной связи с переходом к новым стандартам беспроводной связи. Негативным следствием данных мероприятий является существенный рост электромагнитного фона радиочастотного диапазона особенно в крупных мегаполисах.

Выполненный анализ результатов многолетних медицинских исследований, а также корреляционный анализ статистических данных по изменению количественного состава антенн



Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.207	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 4.102	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

базовых станций и заболеваемостью населения подтвердил наличие сильной связи между нетепловым воздействием электромагнитного поля антенн базовых станций и мобильных телефонов и заболеваемостью населения. Отказ от учета данной связи при определении предельного допустимого уровня мощности электромагнитных полей, как это осуществляется западными школами, ставит под угрозу здоровье населения, проживающего в районах размещения базовых станций сотовой связи.

Наблюдаемые в настоящее время разногласия между гигиенистами и специалистами в области антенн касаются вопроса о величине ПДУ электромагнитных полей стационарных антенн базовых станций. Существующие мнения о существенном повышении или, напротив, понижении данного уровня обусловлены в первом случае необходимостью проведения оценок оборудования систем связи, ввозимых из-за рубежа и широко используемых в России, а также принятием Международной электротехнической комиссией (IEC) нового стандарта. Во втором случае - наличием большого числа результатов современных медицинских исследований, подтверждающих вредное воздействие электромагнитных полей малой интенсивности на здоровье населения, а также изменением количества облучаемых. На основании

проведенных исследований, можно сделать вывод о том, что существующая нормативная база должна быть пересмотрена.

В качестве рекомендаций решения вопроса обеспечения электромагнитной безопасности в условиях формирования цифровой экономики на современном этапе предлагается проведение предупредительных мер, направленных на запрет размещения базовых станций вблизи школ, детских садов и общественных организаций, а также повышение высоты размещения антенн базовых станций. Кроме того, для ознакомления населения с состоянием электромагнитной обстановки в местах проживания рекомендуется проведение социально ориентированного мониторинга, предполагающего своевременное информирование населения в доступной форме об уровне электромагнитного загрязнения той или иной территории, с наглядной визуализацией полученных данных. Выполненный анализ известных работ, связанных с визуализацией результатов социально ориентированного мониторинга, а также перспективы развития систем беспроводной связи позволяет говорить о необходимости учета в дальнейшем при выполнении визуализации электромагнитной обстановки вблизи базовых станций частотной зависимости диаграмм направленности антенн стандартов LTE и 5G.

References:

- (2011) The New Digital Economy. Oxford Economics: URL: <http://www.pwc.com/mt/en/publications/assets/the-new-digital-economy.pdf> (Date of access: 30.01.2018).
- Pan'shin B. (2016) Cifrovaja jekonomika: osobnosti i tendencii razvitija, Nauka i innovacii, № 3, pp. 17-20.: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-osobnosti-i-tendencii-razvitiya> (Date of access: 30.01.2018).
- Alekseev I.V. (2016) Cifrovaja jekonomika: Osobnosti i tendencii razvitija jelektronogo vzaimodejstvija, Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij: ot teorii k praktike: proc. of X International workshop and conference (Cheboksary, Dec. 18 2016). In 2 vol. Vol. 2 — Cheboksary: CNS «Interaktiv pljus», № 4 (10), pp. 42–45.
- (2018) Razvitie cifrovoj jekonomiki v Rossii kak kljuchevoj faktor jekonomicheskogo rosta i povyshenija kachestva zhizni naselenija: monograph / G.N. Andreeva [et al.]. Nizhniy Novgorod: Izd-vo «Professional'naja nauka», 131 p.
- (2017) «Cifrovaja ekonomika Rossijskoj Federacii». Russian Federation Government Decree, July 28, 2017 № 1632-r.
- Pchjol'nik O.A., Nefjodov P.V. (2013) Mobil'naja svjaz' i zdorov'e naselenija, Fundamental'nye issledovanija, №12, pp.356-360.
- (2008) Sidorcev I.N. Razvitie rynka telekommunikacij v jekonomike Rossii: thesis... candidate of economic sciences: 08.00.01, 08.00.05. Tambov: Tambovskij gos. un-t im. G.R. Derzhavina, 178 p.
- (2015) Primenenie innovacij pri razrabotke radiotekhnicheskikh sistem / edited by M.Ju. Zvezdina. M.: Izd. dom Akademii Estestvoznaniya, 224 p. doi: 10.17513/np.126.



Impact Factor:

ISRA (India)	= 1.344	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	PIHHI (Russia)	= 0.207	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 4.102	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 2.031		

9. (2013) Prognoz nauchno-tehnicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii na dolgosrochnuju perspektivu (do 2030 g.): URL: <http://static.government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf> (Date of access: 2.02.2018).
10. (2014) Russian Federation Government Decree on 15.04.2014 № 313 «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy Rossijskoj Federacii «Informacionnoe obshchestvo (2011-2020 gody)»: URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162184/ (Date of access: 2.02.2018).
11. (2017) Indikatory cifrovoj jekonomiki: 2017: statisticheskij sbornik / G.I. Abdrahmanova, L.M. Gohberg, M.A. Kevesh [et al.]. M.: NIU VShJe, 320 p.
12. ITU (International Telecommunications Union) (2010) ITU-R IMT-Advanced 4G standards to user new era of mobile broadband communications. URL: http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2010/40.aspx#.Vkp87-ns5 (Date of access: 20.02.2018).
13. Duda P. (2016) Processing and Unification of Environmental Noise Data from Road Traffic with Spatial Dimension Collected through Mobile Phones, Journal of Geoscience and Environmental Protection, №13, pp.1-26. doi: 10.4236/gep.2016.413001.
14. Pchjol'nik O.A., Nefjodov P.A. (2014) Mobil'naja svjaz' i zaboлеваemost' naselenija Krasnodarskogo kraja, Fundamental'nye issledovanija, № 10-1, pp.153-159.
15. Pchjol'nik O.A. (2017) O vozmozhnom vlijanii bazovyh stancij sotovoj svjazi na pokazateli zaboлеваemosti zlokachestvennymi novoobrazovanijami polosti rta i glotki, Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija, №3-2, pp.178-179.
16. (2016) V Rossii za 2015 god vdvoe vozroslo chislo bazovyh stancij LTE. Soobshhenie ot 25.03.2016, RIA «Novosti». URL: <https://ria.ru/economy/20160325/1397203191.html> (Date of access: 20.01.2018).
17. (2011) Sesia S, Toufik I, Baker M. LTE – the UMTS long term evolution: from theory to practice 2011 2nd edition. NY: John Wiley & Sons Ltd.
18. Maslov M.Ju., Spodobaev Ju.M., Spodobaev M.Ju. (2017) Konceptual'nyj krizis v jelektromagnitnoj bezopasnosti telekommunikacionnyh setej i sistem, Jelektrosvjaz', №7, pp.18-23.
19. (2002) SanPiN 2.2.4/2.1.8.055-96. Jelektromagnitnye izluchenija radiochastotnogo diapazona (JeMI RCh). M.: Gosjepidnadzor Rossii, 28 p.
20. Spodobaev Ju.M., Kubanov V.P. (2000) Osnovy jelektromagnitnoj jekologii. M.: Radio i svjaz', 240 p.
21. Kudrjashov Ju.B., Perov Ju.F., Rubin A.B. (2008) Radiacionnaja biofizika: radiochastotnye i mikrovolnovye jelektromagnitnye izluchenija. M.: FIZMATLIT, 184 p.
22. Akimov M.N., Appolonskij S.M. (2016) Prirodnye i tehnogennye istochniki neionizirujushhih izluchenij. SPb.: Lan', 212 p.
23. Dovgusha V.V., Tikhonov M.N., Dovgusha L.V. (2009). Vliyanie estestvennykh i tehnogennykh jelektromagnitnykh polej na bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, Ekologiya cheloveka, №12, pp.3-9.
24. Grigor'ev Ju.G. (2012) Sravnitel'nye ocenki opasnosti ionizirujushhih i neionizirujushhih jelektromagnitnyh izluchenij, Radiobiologija. Radiacionnaja jekologija, Vol. 52, №2, pp.215-217.
25. Akimov M.N., Appolonskij S.M. (2017) Osnovy jelektromagnitnoj bezopasnosti. SPb.: Lan', 200 p.
26. Grigor'ev O.A., Men'shikov V.F., Prokof'eva A.S. (2015) Novoe v formirovanii uslovij obluchenija naselenija jelektromagnitnym polem (na primere Moskovskogo regiona), Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Fizika, Vol.58, №8-3, pp.289-292.
27. Tihonov M.N., Dovgusha V.V., Dovgusha L.V. (2014) Mehanizm vlijanija estestvennyh i tehnogennyh jelektromagnitnyh polej na bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, Analiz riska zdorov'ju, №4, pp.85-100.
28. IEEE 2005 C95.1-2005 IEEE Standard for Safety Levels with respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz (New York IEEE): URL: <https://standards.ieee.org/findstds/standard/C95.1-2005.html> (Date of access: 10.02.2018).
29. Grigor'ev Ju.G. (2014) Principial'no novoe jelektromagnitnoe zagraznenie okruzhajushhej sredy i otsutstvie adekvatnoj normativnoj bazy – k ocenke riska (analiz sovremennyh otechestvennyh i zarubezhnyh dannyh), Gigiena i sanitarija, №3, pp.11-16.
30. Markov M.S. (2013) Diskussionnoe obsuzhdenie stat'i Ju.G. Grigor'eva "Sravnitel'nye ocenki opasnosti ionizirujushhih i neionizirujushhih jelektromagnitnyh izluchenij", opublikovannoj v zhurnale "Radiobiologija. Radiacionnaja jekologija" (2012, Tom 52, №2, S.215-217), Radiobiologija. Radiacionnaja jekologija, Vol.53, № 2, pp.105-107.
31. (2014) Electromagnetic Radiation Health Effects in Exposed and Non-Exposed Residents in Penang / A. Suleiman [et al.], Journal of Geoscience and Environmental Protection, №2, pp.77-83.



Impact Factor:

ISRA (India)	= 1.344	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	PIHHI (Russia)	= 0.207	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 4.102	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 2.031		

32. (2003) Kontrol' fizicheskikh faktorov okruzhajushhej sredy, opasnyh dlja cheloveka. M.: Izd-vo standartov.
33. (2003) MUK 4.3-1167-02. Opredelenie plotnosti potoka energii elektromagnitnogo polya v mestakh razmeshcheniya radiosredstv, rabotayushchikh v diapazonakh chastot 300 MGts – 300 GGts. Utv. Predsedatelem Gos. sanitarno-epidemiologicheskogo nadzora RF 7.10.2002, URL: <http://rfcmd.ru/sphider/docs/project/MUK%204.3.1167-02.htm> (Date of access: 07.02.2018).
34. (2012) Ob odnom rossijskom termine (perevode SAR) v dozimetrii jelektromagnitnogo polja radiochastotnogo diapazona / V.G. Petin [i dr.], Radiacionnaja bezopasnost'. Radiojekoologija, T.52, № 5, pp.542.
35. (2013) GOST IEC 62311-2013. Ocenka jelektronnogo i jelektricheskogo oborudovanija v otnoshenii ograničenij vozdejstvija na cheloveka jelektromagnitnyh polej (0 Hz-300 GHz).
36. Dovbysh V.N., Sivkov V.S., Spodobaev Ju.M. (2006) Vizualizacija jelektromagnitnoj obstanovki, sozdavaemoj telekommunikacionnymi tehničeskimi sredstvami, raspolozhennymi na bol'shij territorijah, Antenny, №6, pp.58-62.
37. Zvezdina M.Yu., Shokova Yu.A., Nazarova O.Yu., Al-Ali H.T.A., Al-Farhan G.H.A. (2018). Visualization of electromagnetic exposure near LTE antennae, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, V.115 (1). URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/115/1/012037/pdf> (Date of access: 27.02.2018), doi: 10.1088/1755-1315/115/1/012037.
38. Zvezdina M. Yu., Shokova Yu.A., Kundryukova N.I., Kutukova V.D., Pozdnyakova A.V. (2017). Visualization of Electromagnetic Environment near GSM Antennae, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, V.50 (1). URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/50/1/012029/pdf> (Date of access: 27.02.2018), doi: 10.1088/1755-1315/50/1/012029.
39. Zvezdina M.Yu., Shokova Yu.A., Krivtsova M.G., Saldaev D.O., Shashkin O.A. (2017). Electromagnetic environment estimation near communications system reflector antennae, Proc. Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW). 26-30 June. Gelendzhik District, Divnomorskoe, Russia, Russia. 2017. pp.69-72. doi: 10.1109/RSEMW.2017.8103567.
40. Zvezdina M.Yu., Shokova Yu.A., Krivtsova M.G., Golovko T.M., Cherskaya A.A. (2017). Visualization characteristics of electromagnetic environment near communications system reflector antenna, Proc. Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW). 26-30 June. Gelendzhik District, Divnomorskoe, Russia, Russia. 2017. pp.73-76. doi: 10.1109/RSEMW.2017.8103568.
41. Zvezdina M.Yu., Shokova Yu.A., Shokov A.V., Dymchenko A.A., Parhomenko P.A. (2015) Electromagnetic situation visual representation near mobile base station antenna, Theoretical & Applied Science, № 3(23), pp.10-17. doi: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.03.23.3>.
42. Zvezdina M. Yu., Shokova Yu.A., Shokov A.V. (2015) Visual representation characteristics of calculation results in laboratory research on electromagnetic ecology, Proc. of 9th International Conf. on Application of Inf. and Commun. Technolog. (AICT 2015). 14-16 October 2015, Rostov-on-Don, Russia. pp.399-403. doi: 10.1109/ICAICT.2015.7338588.

