

© РЫБАЛКО С.Ю., ЯЩЕНКО С.Г., 2019

Рыбалко С.Ю., Ященко С.Г.

СЕЗОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» Министерства науки и высшего образования России, 295051, Симферополь

Введение. Изучение электромагнитной обстановки, создаваемой терминалами мобильной связи (ТМС), является одной из важных задач современной профилактической медицины. В работе дана оценка электромагнитной обстановки, создаваемой ТМС по значению плотности потока энергии (ППЭ).

Материал и методы. Уровень ППЭ излучения ТМС определяли на территории Крыма при помощи системы подвижного контроля. Количество парных (по сезонам) точек измерения ППЭ составило 2102. В каждой точке уровень электромагнитного излучения (ЭМИ) определялся последовательно от двух одинаковых МТ (Samsung G3) в режиме голосовой связи с удалённым абонентом.

Результаты. Среднее значение ППЭ по Крыму за год составило $1,45 \pm 0,06$ мкВт/см². ППЭ в зимний (некурортный) сезон – $1,34 \pm 0,05$ мкВт/см², в летний (курортный) сезон – $1,54 \pm 0,05$ мкВт/см². Сравнительный непараметрический анализ ППЭ зимних и летних значений в курортных регионах выявил достоверные различия, тогда как в некурортных регионах достоверных различий не выявлено. Полученные в результате мониторинга электромагнитной обстановки данные показали значительную неоднородность ППЭ по административным единицам внутри Республики Крым от $0,92 \pm 0,03$ в Белогорском до $2,11 \pm 0,07$ мкВт/см² в Черноморском районах, что свидетельствует о дифференциации зон покрытия мобильной связи в Крыму. Достоверные различия между значениями ППЭ, полученными в зимний и летний сезоны для курортных регионов, могут быть объяснены неравномерной загруженностью базовых станций вследствие сезонной динамики притока туристов.

Заключение. В результате проделанной работы была получена среднегодовая ППЭ $1,45 \pm 0,06$ мкВт/см², выявлена её значительная неоднородность и достоверные сезонные изменения.

Ключевые слова: сезонный мониторинг; мобильный телефон; плотность потока энергии.

Для цитирования: Рыбалко С.Ю., Ященко С.Г. Сезонный мониторинг электромагнитной обстановки радиочастотного диапазона мобильной связи. Гигиена и санитария. 2019; 98(11): 1191-1195. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1191-1195>

Для корреспонденции: Ященко Светлана Григорьевна, кандидат мед. наук, доцент кафедры гигиены общей с экологией Медицинской академии ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295051, Симферополь. E-mail: yswet.net@mail.ru

Финансирование. Работа выполнена благодаря поддержке РФФИ в рамках проекта 18-013-01028А «Влияние электромагнитной обстановки и экспозиции коммуникационных устройств мобильной связи на динамику распространённости болезней системы кровообращения у населения».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Рыбалко С.Ю., Ященко С.Г.; сбор и обработка материала – Ященко С.Г.; статистическая обработка – Ященко С.Г.; написание текста – Рыбалко С.Ю., Ященко С.Г.; редактирование – Рыбалко С.Ю.

Поступила 28.02.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: ноябрь 2019

Rybalco S. Yu., Yashchenko S. G.

SEASONAL MONITORING ELECTROMAGNETIC SITUATION IN THE RADIO-FREQUENCY RANGE OF MOBILE COMMUNICATION

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295051, Russian Federation

Introduction. The study of the electromagnetic environment created by mobile communication terminals (MCT) is one of the important tasks of modern preventive medicine. In the study, the assessment of the electromagnetic environment created by MCT according to fluence values.

Material and methods. The fluence level of MCT radiation was determined in the territory of the Crimea using a mobile monitoring system. The number of paired (seasonally) fluence measurement points accounted for 2102. At each point, the level of electromagnetic radiation (EMR) was determined sequentially from two identical MP (Samsung G3) in voice mode with the remote subscriber.

Results. The average fluence value in Crimea for the year amounted to 1.45 ± 0.06 μ W/cm². In the winter (non-resort) season fluence accounted for 1.34 ± 0.05 μ W/cm², in the summer (resort) season – 1.54 ± 0.05 μ W/cm². A comparative non-parametric analysis of the winter and summer fluence values in the resort regions revealed significant differences, whereas in non-resort regions there were no significant differences. Obtained as a result of monitoring of the electromagnetic situation, the data showed significant heterogeneity of fluence by administrative units within the Republic of Crimea from 0.92 ± 0.03 in the Belogorskiy to 2.11 ± 0.07 μ W/cm² in the Chernomorskiy regions, which indicates the difference in mobile coverage areas in Crimea. Significant differences between the fluence values obtained in the winter and summer seasons for resort regions can be explained by the uneven workload of base stations due to the seasonal dynamics of the influx of tourists.

Conclusion. As a result of the work done, an average annual fluence value of 1.45 ± 0.06 μ W/cm² was obtained, its considerable heterogeneity and reliable seasonal changes were revealed. Keywords: seasonal monitoring; cell phone; fluence.

Keywords: seasonal monitoring; mobile phone; energy flux density.

For citation: Rybalco S. Yu., Yashchenko S. G. Seasonal monitoring electromagnetic situation in the radio-frequency range of mobile communication. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(11): 1191-1195. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1191-1195>

For correspondence: Svetlana G. Yashchenko, MD, Ph.D., Associate professor, Department of general hygiene with ecology, S.I. Georgievsky Medical Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, 295051, Russian Federation. E-mail: yswet.net@mail.ru

Information about authors: Rybalko S.Yu. <http://orcid.org/0000-0002-3809-4992>; Yashchenko S.G. <http://orcid.org/0000-0001-6817-8639>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the project 18-013-01028A "The influence of the electromagnetic environment and exposure of mobile communication devices on the dynamics of the prevalence of diseases of the circulatory system in the population."

Contribution: the concept and design of the study - Rybalko S.Yu., Yashchenko S.G.; collection and processing of the material - Yashchenko S.G.; statistical processing - Yashchenko S.G.; writing text - Rybalko S.Yu., Yashchenko S.G.; editing - Rybalko S.Yu. Approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article - all co-authors.

Received: February 28, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: November 2019

Введение

Гигиеническая оценка состояния электромагнитной среды обитания человека в современных условиях не «успевает» за развитием коммуникационных технологий [1]. Рост уровней электромагнитных полей (ЭМП) техногенного происхождения (за счёт увеличения количества базовых станций подвижной связи, частотно-модулированного телерадиовещания, радиолокации воздушной обстановки и прочих источников электромагнитных излучений (ЭМИ)) становится значимым, биологически активным фактором. Вопросу корректной оценки экспозиции как меры контакта электромагнитного фактора с человеком посвящено незаслуженно мало исследований. Кроме того, в ряде случаев результаты могут значительно отличаться, что свидетельствует о необходимости формирования унифицированных программ исследований с повышением качества и доказательности [2]. Совершенствование методов анализа и прогноза санитарно-гигиенической ситуации является актуальным также при выборе мест размещения новых источников излучения, в частности базовых станций мобильной связи. Это касается ограничений по высоте застройки вблизи передающих радиотехнических объектов и оптимизации системы точек контроля уровней электромагнитных полей [3]. В основе планирования возведения жилых высотных зданий в городах должна лежать гигиеническая оценка предполагаемой электромагнитной ситуации [4]. Зачастую исследования уровней электромагнитных полей и излучений (ЭМП/И) в контексте оценки экспозиции населения выполняются в рамках отдельных научных проектов [5, 6]. Ряд авторов рассматривают ЭМП/И как факторы риска развития злокачественных новообразований [7]. Имеются данные о влиянии электромагнитных излучений в диапазоне радиочастот на формирование неканцерогенных рисков нарушения здоровья населения [8–11]. Одновременно в сфере телерадиовещания, беспроводной связи и прочих направленно разрабатываются технологии и средства для максимально плотного «радиопокрытия» территорий постоянного проживания населения. Наличие среди участников телекоммуникационного бизнеса борьбы за рынок сбыта услуг ведёт к многократному наложению электромагнитных полей, создаваемых конкурирующими компаниями [12]. Вышеперечисленные факты позволили сформулировать цель данного исследования: определение электромагнитной обстановки, создаваемой терминалами мобильной связи (ТМС) на территории Республики Крым, в радиочастотном диапазоне (РЧ) по значению плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитных излучений ТМС, а также выявление сезонной динамики ППЭ.

Материал и методы

Для оценки электромагнитной обстановки, создаваемой абонентскими терминалами мобильной связи (ТМС) на территории Республики Крым в радиочастотном диапазоне, использовали методику определения уровня электромагнитного излучения, создаваемого терминалами мобильной связи (ТМС) в режиме голосовой связи, с минимизацией влияния электромагнитного фона, создаваемого другими источниками радиочастотного диапазона [13]. Для определения параметров электромагнитного излучения ТМС измерялась плотность потока энергии (ППЭ) в соответствии утверждённой методикой (СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. Санитарные правила и нормы). ППЭ терминалов определялась

в местах их активной эксплуатации абонентами сотовой связи (местах компактного проживания – микрорайоны городов, городские и сельские поселения). Количество точек замеров в административно-территориальных единицах Республики Крым варьировалось от 48 (Черноморский район) до 214 (Ялтинский городской округ) в зависимости от их площади, плотности населения и количества населённых пунктов.

Для проведения электромагнитного мониторинга была реализована система подвижного контроля электромагнитной обстановки, создаваемой абонентскими терминалами мобильной связи (ТМС) на территории Республики Крым. Использовался комплекс оборудования, закреплённый в боксе на багажнике автомобиля. Непосредственно в бокс помещалась антенна АП 3-34 СВЧ (передающая информацию при беспроводной связи Bluetooth на терминал измерителя уровня электромагнитных излучений ПЗ-34), закреплённая на держателе (из диэлектрического материала – полипропилен) совместно с двумя терминалами Samsung G3 на расстоянии 0,37 м от них. Уровень ЭМИ от ТМС определялся при помощи измерителя уровня электромагнитных излучений ПЗ-34 с антенной АП 3-34 СВЧ (НТМ Защита, Москва, РФ). В каждой точке замера вначале оценивалась электромагнитная обстановка в радиочастотном диапазоне при помощи портативного анализатора спектра Arinst SSA (Крокс-Плюс, Воронеж, РФ) предназначенного для отображения спектров сигналов в диапазоне частот от 36 до 3000 МГц. Прибор позволяет определить частоту сигнала ТМС, что используется для настройки измерителя ПЗ-34. Анализатор спектра отображает спектры сигналов всех распространённых технологий: Wi-Fi, 2G, 3G, 4G, LTE, CDMA, DCS, GSM, GPRS, ГЛОНАСС и т. д. Применение анализатора спектра в комплексе с прибором ПЗ-34 позволяет корректно выбрать точку измерения ППЭ абонентского терминала с минимальным фоном от сторонних источников электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. Далее с помощью измерителя уровня электромагнитных излучений ПЗ-34 определяли фоновый уровень ППЭ, а затем определяли ППЭ последовательно от двух одинаковых ТМС (Samsung G3) с SIM-картами двух ведущих (в Республике Крым) операторов мобильной связи – Win mobile и «Волна» в режиме голосовой связи (стандарт 2G) с удалённым абонентом. Уровень излучения определялся по плотности потока энергии (ППЭ) трёхкратно, на высоте 1,7 м, на расстоянии между ТМС и антенной прибора ПЗ-34 0,37 м и при условии значения фона менее 0,5 мкВт/см² (предел чувствительности ПЗ-34) в соответствии с методическими указаниями (Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи. Методические указания). Вариационные ряды проверялись на нормальность распределения по Колмогорову–Смирнову. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета прикладных программ «Statistica». Карта распределения среднегодовых значений ППЭ от ТМС по административно-территориальным единицам Крыма в 2018 г. выполнена в свободной географической информационной системе с открытым кодом QGIS, версия 3.4.1-Madeira.

Результаты

В результате проведённого исследования были получены данные об электромагнитной обстановке, создаваемой абонентскими терминалами мобильной связи на территории Республики Крым, с учётом прироста населения во время курортного сезона 2018 г. В результате проведения мониторинга были получены

Таблица 1

Средний уровень ППЭ ЭМИ МТ ($M \pm m$) в административно-территориальных единицах Республики Крым в 2018 г.

№ п/п	Административно-территориальная единица	Число точек измерений	ППЭ, мкВт/см ²		
			летом	зимой	за год
	Республика Крым	2102	1,54 ± 0,05	1,34 ± 0,05	1,45 ± 0,06
1	г. Алушта	196	1,60 ± 0,04	1,04 ± 0,06	1,32 ± 0,07
2	г. Армянск	64	1,07 ± 0,04	1,03 ± 0,04	1,05 ± 0,04
3	г. Джанкой	74	1,40 ± 0,06	1,19 ± 0,04	1,30 ± 0,03
4	г. Евпатория	146	1,50 ± 0,05	1,24 ± 0,03	1,37 ± 0,06
5	г. Керчь	91	1,04 ± 0,03	1,08 ± 0,02	1,06 ± 0,04
6	г. Красноперекоск	82	1,97 ± 0,04	1,68 ± 0,03	1,82 ± 0,08
7	Сакский район	50	1,81 ± 0,05	1,59 ± 0,04	1,70 ± 0,04
8	г. Симферополь	188	2,15 ± 0,07	1,98 ± 0,05	2,06 ± 0,05
9	г. Судак	110	1,49 ± 0,05	1,28 ± 0,04	1,38 ± 0,03
10	г. Феодосия	145	1,27 ± 0,03	1,15 ± 0,03	1,21 ± 0,05
11	г. Ялта	214	1,64 ± 0,05	1,30 ± 0,06	1,47 ± 0,04
12	Бахчисарайский район	88	1,22 ± 0,02	1,17 ± 0,04	1,20 ± 0,04
13	Белогорский район	76	0,94 ± 0,03	0,89 ± 0,03	0,92 ± 0,03
14	Кировский район	72	1,22 ± 0,04	1,03 ± 0,03	1,13 ± 0,03
15	Красногвардейский район	84	1,99 ± 0,06	1,61 ± 0,04	1,80 ± 0,07
16	Ленинский район	60	1,68 ± 0,05	1,42 ± 0,05	1,55 ± 0,06
17	Нижегорский район	76	1,48 ± 0,04	1,29 ± 0,04	1,39 ± 0,07
18	Первомайский район	60	2,09 ± 0,07	1,92 ± 0,06	2,01 ± 0,08
19	Раздольненский район	52	1,35 ± 0,03	1,27 ± 0,04	1,31 ± 0,04
20	Симферопольский район	68	1,41 ± 0,04	1,26 ± 0,02	1,37 ± 0,05
21	Советский район	58	1,35 ± 0,03	1,31 ± 0,04	1,33 ± 0,04
22	Черноморский район	48	2,29 ± 0,05	1,92 ± 0,06	2,11 ± 0,07

данные об уровне электромагнитного излучения абонентских терминалов мобильной связи по значению плотности потока мощности в радиочастотном диапазоне в 4204 точках, из них 2102 сделаны на первом, условно зимнем (некурортном) этапе за два временных промежутка март – май (472 точки измерения) и октябрь – декабрь (1630 точек измерений), соответственно еще 2102 измерений сделаны в тех же точках в условно летний сезон (курортный) на втором этапе в июне – сентябре.

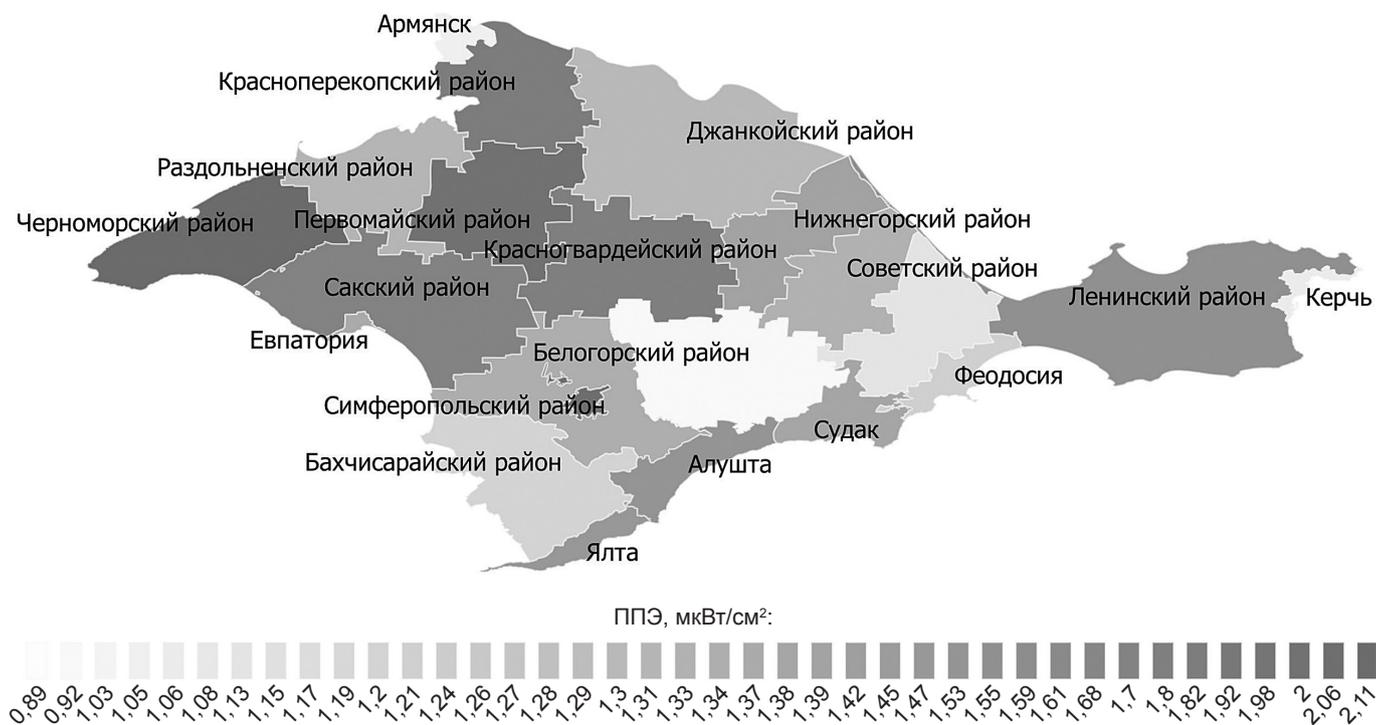
Полученные средние уровни ППЭ ЭМИ МТ для каждой административно-территориальной единицы не превышали существующих гигиенических нормативов и представлены в таблице с указанием количества точек измерений по сезонам (зима – лето) и средним значением за год.

Мониторинг электромагнитной обстановки был проведен в 22 административно-территориальных единицах Республики Крым. В результате замеры ППЭ проведены в 2102 точках, полученные значения ППЭ находились в пределах от $0,92 \pm 0,03$ до $2,11 \pm 0,07$ мкВт/см², среднее значение ППЭ по Крыму за год равно $1,45 \pm 0,06$ мкВт/см². ППЭ в зимний (некурортный) сезон равна $1,34 \pm 0,05$ мкВт/см², в летний (курортный) сезон $1,54 \pm 0,05$ мкВт/см². Наибольшие значения ППЭ за год выявлены в городе Симферополь ($2,06 \pm 0,05$ мкВт/см²), а также в Черноморском ($2,11 \pm 0,07$ мкВт/см²) и Первомайском ($2,01 \pm 0,08$ мкВт/см²) районах. Минимальные значения ППЭ выявлены в Белогорском районе ($0,92 \pm 0,03$ мкВт/см²) и городах Армянск ($1,05 \pm 0,04$ мкВт/см²), Керчь ($1,06 \pm 0,04$ мкВт/см²). В некурортный сезон наибольшие значения ППЭ за год выявлены в городе Симферополь ($1,98 \pm 0,05$ мкВт/см²) и Первомайском районе ($1,92 \pm 0,06$ мкВт/см²), наименьшие в Белогорском ($0,89 \pm 0,03$ мкВт/см²) и Кировском ($1,03 \pm 0,03$ мкВт/см²) районах, а также в городе Армянск ($1,03 \pm 0,04$ мкВт/см²). Во время курортного сезона ППЭ оставалась высокой в городе Симферополь

($2,15 \pm 0,07$ мкВт/см²), Черноморском ($2,29 \pm 0,05$ мкВт/см²) и Первомайском ($2,09 \pm 0,07$ мкВт/см²) районах. Минимальные значения в это же время были выявлены в Белогорском районе ($0,94 \pm 0,03$ мкВт/см²) и городе Армянск ($1,07 \pm 0,04$ мкВт/см²). Сравнительный параметрический анализ ППЭ на территории РК в зимний и летний сезон не выявил между ними достоверных различий ($p_{\text{ош}} > 0,05$).

В дальнейшем, учитывая, что при проверке рядов на нормальное распределение были выявлены ряды с распределением, отличным от нормального, использовались непараметрические статистические критерии. При применении разделения административно-территориальных единиц Республики Крым по принципу город – сельские поселения получены медианы, нижние и верхние квартили (Me (LQ; UQ)) ППЭ в городах (поз. 1–6 и 8–11, см. таблицу) за год $1,404 (1,211; 1,599)$ мкВт/см², в некурортный сезон $1,17 (1,05; 1,38)$ мкВт/см², во время курортного сезона ППЭ в городах составила $1,501 (1,217; 1,638)$ мкВт/см². В сельских поселениях (поз. 7 и 12–22, см. таблицу) ситуация с ППЭ обостряла следующим образом: медиана ППЭ за год была равна $1,604 (1,292; 1,660)$ мкВт/см², в некурортное время – $1,275 (1,23; 1,52)$ мкВт/см², в курортный период – $1,447 (1,353; 1,987)$ мкВт/см². Сравнительный непараметрический анализ зимних и летних значений ППЭ как в городах, так и в сельских поселениях не выявил между ними достоверных различий ($p_{\text{ош}} > 0,05$).

При применении разделения административно-территориальных единиц Республики Крым по принципу курортный регион – не курортный регион на курортах (позиции 1, 4, 7, 9–11, 22, см. таблицу) получены значения ППЭ за год $1,516 (1,29; 1,594)$ мкВт/см², в зимний период $1,38 (1,21; 1,41)$ мкВт/см², летом соответственно $1,638 (1,488; 1,803)$ мкВт/см². В некурортных регионах (позиции 2, 3, 5, 6, 8, 12–15, 17–21, см. таблицу)



Карта распределения среднегодовых значений ППЭ (мкВт/см²) от терминалов мобильной связи по административно-территориальным единицам Крыма в 2018 г.

медиана ППЭ за год составила 1,309 (1,155; 1,628) мкВт/см², 1,23 (1,09; 1,71) мкВт/см² и 1,379 (1,221; 1,890) мкВт/см² в зимний и летний периоды соответственно. Сравнительный непараметрический анализ ППЭ зимних и летних значений в курортных регионах выявил достоверные различия ($p_{\text{ош}} \leq 0,05$), тогда как в некурортных регионах достоверных различий не выявлено ($p_{\text{ош}} > 0,05$).

Полученные результаты легли в основу создания карт ЭМН от ТМС в РЧ диапазоне по значению ППЭ для населения Республики Крым (см. рисунок).

Обсуждение

Наблюдаемая отчётливая тенденция роста популярности мобильной связи приводит к увеличению электромагнитной нагрузки на население. Проведённые нами исследования в Республике Крым позволили определить среднее значение ППЭ за год, равное $1,45 \pm 0,06$ мкВт/см², и выявить значительную неоднородность ППЭ по административным единицам внутри Республики Крым от $0,92 \pm 0,03$ в Белогорском до $2,11 \pm 0,07$ мкВт/см² в Черноморском районах. Выделены районы с повышенным значением ППЭ. Это прежде всего Первомайский, Черноморский, Красногвардейский районы и город Симферополь. Для перечисленных районов, имеющих в своём административном составе в основном сельские поселения, высокие значения ППЭ могут быть пояснены малой плотностью размещения базовых станций (БС) мобильной связи и увеличенным расстоянием между терминалом и БС. Это согласуется с литературными данными [14–16]. Большое среднее значение ППЭ в Симферополе определяется загруженностью БС и высоким электромагнитным фоном, создаваемым БС и сторонними источниками излучений радиочастотного диапазона. Минимальные значения определены в городах Армянск, Керчь, Феодосия, а также в Белогорском районе, что объяснимо определённой «насыщенностью» данных территорий БС и их относительно невысокой нагрузкой. Данное распределение ППЭ для районов с низкой и высокой степенью урбанизации характерно для подобного типа исследований [17, 18].

При применении деления административно-территориальных единиц Республики Крым по принципу урбанизации: города – районы с преимущественно сельскими поселениями был проведён сравнительный непараметрический анализ ППЭ полученных при разделении значений. Достоверных различий не было получено как для годовых значений ППЭ, так и при делении на зимний и летний сезоны.

Далее, при делении административно-территориальных единиц Республики Крым по принципу курортный регион – не курортный регион были получены достоверные различия для курортных регионов между значениями ППЭ, полученными в зимний и летний сезоны. Полученный результат объясняется значительным притоком туристов летом в курортные регионы для отдыха. Так, согласно информации, размещённой на официальном сайте Министерства курортов и туризма Республики Крым [19], за 2018 г. полуостров посетило 6,8 млн туристов. Из них на Южный берег Крыма прибыло для отдыха 44,2% от общего количества туристов, посетивших с начала года Крым в целом. На западном побережье Крыма побывало 24,6% туристов, на восточном – 18,8%; в других регионах (г. Симферополь, Симферопольский и Бахчисарайский районы) – 12,4%. В зимний (некурортный) сезон 2018 г. территорию Крыма посетили 1,186 млн туристов, а в летний (курортный) – 4,914 млн. Соответственно в летнее время значительный рост числа населения курортных регионов за счёт туристов приводит к увеличению числа пользователей ТМС, что вызывает увеличение загруженности БС и объясняет достоверное увеличение ППЭ, что подтверждается другими исследованиями [20, 21]. Полученные данные по распределению ППЭ в Республике Крым практически представляют собой математическую модель, которую можно использовать для определения рисков для здоровья населения и распространению различных заболеваний. Например, в работе [22] часть данных из этой модели позволила выявить достоверные корреляционные связи распределения ППЭ с распространённостью болезней системы кровообращения.

Заклучение

1. В результате проведенного мониторинга электромагнитной обстановки по ППЭ, создаваемой терминалами мобильной связи в Республике Крым, было выявлено, что наибольшие средние значения ППЭ наблюдаются в городе Симферополь, Первомайском, Красногвардейском и Черноморском районах, что определяется в первую очередь расстоянием до базовых станций (БС) и их загруженностью. Минимальные средние значения ППЭ выявлены в городах Армянск, Керчь, Феодосия и Белогорском районе, что объяснимо определенной «насыщенностью» данных территорий БС и их относительно невысокой нагрузкой.

2. Обнаружено статистически достоверное ($p_{\text{общ}} \leq 0,05$) различие в значениях медиан (Me (LQ; UQ)) ППЭ, полученных в курортных регионах в зимний (некурортный) (1,38 (1,21; 1,41) мкВт/см²) и летний (курортный) периоды (1,638 (1,488; 1,803) мкВт/см²).

Литература

(пп. 2, 6–11, 15–18, 20–22 см. References)

1. Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А. *Сотовая связь и здоровье: Электромагнитная обстановка, радиобиологические и гигиенические проблемы, прогноз опасности. 2-е изд.* М.: Экономика; 2016. 576 с.
3. Май И.В., Балашов С.Ю., Веквшинина С.А., Клейн С.В. К обоснованию точек контроля уровней электромагнитного излучения от передающих радиотехнических объектов для формирования программ социально-гигиенического мониторинга. *Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами: материалы Всероссийской научно-практической конференции.* М.; 2017: 239–42.
4. Балашов С.Ю., Бухаринов А.А. К проблеме риска для здоровья населения г. Перми в результате воздействия уровней ЭМИ. *Экология города.* 2015; 22–4.
5. Мовчан В.Н., Шмаков И.А. О влиянии базовых станций сотовой связи на экологическую ситуацию в крупном городе. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2016; 5 (3): 426–8.
12. Май И.В., Балашов С.Ю., Веквшинина С.А., Кудря М.А. К оценке уровня электромагнитного поля (300 ГГц – 300 МГц) в крупном промышленном центре на базе 3D-моделирования и инструментальных измерений. *Анализ риска здоровью.* 2017; 3: 21–30. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.03.
13. Пчельник О.А., Нефедов П.В. Электромагнитное излучение мобильных телефонов и риск для здоровья пользователей. *Фундаментальные исследования.* 2014; 10: 1971–5.
14. Мордачев В.И. Верификация модели наихудшего случая для оценки средней интенсивности электромагнитного фона, создаваемого базовыми станциями сотовой связи. *Доклады БГУИР.* 2018; 1 (111): 12–8.
19. Ежемесячная справочная информация о количестве туристов, посетивших Республику Крым в течение 2018 г. (Сайт Министерства курортов и туризма Республики Крым) Доступно по: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/1051> (дата обращения: 21.01.2019).

References

1. Grigor'ev Yu.G., Grigor'ev O.A. *Cellular communication and health: electromagnetic environment, radiobiological and hygienic problems, hazard prediction. 2nd ed.* [Sotovaya svyaz' i zdorov'ye: Elektromagnitnaya obstanovka, radiobiologicheskiye i gigiyenicheskiye problemy, prognoz opasnosti. 2-e izd.]. Moscow: Ekonomika; 2016. 576 p. (in Russian)
2. Recent Research on EMF and Health Risk: Eleventh report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields: Research. 2016: 115. Available at: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/98d67d9e3301450da4b8d2e0f6107313/201615-recent-research-on-emf-and-health-risk-eleventh-report-from-ssms-scientific-council-on-electromagnetic-fields-2016>.
3. Maj I.V., Balashov S.Yu., Vekovshinina S.A., Klejn S.V. To substantiation of control points of levels of electromagnetic radiation from transmitting radio engineering objects for the formation of programs of social and hygienic monitoring. *Topical issues of the organization of control*

- and supervision of physical factors: proceedings of the all-Russian scientific practice. Conferences [Aktual'nyye voprosy organizatsii kontrolya i nadzora za fizicheskimi faktorami: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii].* Moscow; 2017: 239–42. (in Russian)
4. Balashov S.Yu., Bukharinov A.A. To the problem risk to health of the population of the city of Perm in the impact of levels EMR. *Ekologia goroda.* 2015; 22–4. (in Russian)
 5. Movchan V.N., Shmakov I.A. About influence of base stations of cellular communication on an ecological situation in the large city. *International Journal of Applied and Fundamental Research.* 2016; 5 (3): 426–8. (in Russian)
 6. Beekhuizen J., Heuvelink G.B., Huss A., Burgi A., Kromhout H., Vermeulen R. Impact of input data uncertainty on environmental exposure assessment models: A case study for electromagnetic field modeling from mobile phone base stations. *Environ Res.* 2014; 135: 148–55. DOI: 10.1016/j.envres.2014.05.038.
 7. Abdul Rahman H.I., Shah S.A., Alias H., Ibrahim H.M. A case-control study on the association between environmental factors and the occurrence of acute leukemia among children in Klang Valley, Malaysia. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2008; 9: 649–52.
 8. Baliatsas C., Bolte J., Yzermans J., Kelfkens G., Hooiveld M., Lebre E. et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health.* 2015; 218: 331–44. DOI: 10.1016/j.ijheh.2015.02.001.
 9. Malek F., Rani K.A., Rahim H.A., Omar M.H. Effect of Short-Term Mobile Phone Base Station Exposure on Cognitive Performance, Body Temperature, Heart Rate and Blood Pressure of Malaysians. *Sci Rep.* 2015; 5: 13206. DOI: 10.1038/srep13206.
 10. Aydogan F., Aydin E., Koca G., Ozgur E., Atilla P., Tuzuner A. et al. The effects of 2100-MHz radiofrequency radiation on nasal mucosa and mucociliary clearance in rats. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2015; 5: 626–32. DOI: 10.1002/alf.21509.
 11. Bakacak M., Bostanci M.S., Attar R., Yildirim O.K., Yildirim G., Bakacak Z. et al. The effects of electromagnetic fields on the number of ovarian primordial follicles: An experimental study. *Kaohsiung J Med Sci.* 2015; 31: 287–92. DOI: 10.1016/j.kjms.2015.03.004.
 12. Maj I.V., Balashov S.Yu., Vekovshinina S.A., Kudrya M.A. Assessment of the electromagnetic field level (300 GHz – 300 MHz) in a large industrial center based on 3D-modeling and instrumental measurements. *Analiz riska zdorov'yu [Health Risk Analysis].* 2017; 3: 21–30. DOI: 10.21668/health.risk/2017.3.03. (in Russian)
 13. Pchel'nik O.A., Nefedov P.V. Electromagnetic radiation of mobile phones and the risk to the health of users. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2014; 10: 1971–5. (in Russian)
 14. Mordachev V.I. Verification of the worst case model to estimate the average intensity of electromagnetic background generated by cellular base stations. *Doklady BGUIR.* 2018; 1 (111): 12–8. (in Russian)
 15. Ozdemir A.R., Alkan M., Gulsen M. Time Dependence of Environmental Electric Field Measurements and Analysis of Cellular Base Stations. *IEEE EMC Magazine.* 2014; 3: 43–8.
 16. Gajsek P. et al. Electromagnetic field exposure assessment in Europe radiofrequency fields (10 MHz – 6 GHz). *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2015; 25: 37–44. DOI: 10.1038/jes.2013.40.
 17. Urbinello D. Exposure assessment of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMFs) in everyday environments – methodological approaches and issue-specific perspectives. *Basel.* 2013: 112.
 18. Carlberg M., Hedendahl L., Koppel T., Hardell L. High ambient radiofrequency radiation in Stockholm city, Sweden. *Oncol Lett.* 2019; 17 (2): 1777–83. DOI: 10.3892/ol.2018.9789.
 19. Monthly reference information on the number of tourists visiting the Republic of Crimea during 2018 (Website of the Ministry of resorts and tourism of the Republic of Crimea) is Available at: <https://mtur.rk.gov.ru/ru/structure/1051>. (in Russian)
 20. Meo S.A., Almahmoud M., Alsultan Q., Alotaibi N., Alnajashi I., Hajjar W.M. Mobile Phone Base Station Tower Settings Adjacent to School Buildings: Impact on Students' Cognitive Health. *Am J Mens Health.* 2018; 7: 14. DOI: 10.1177/1557988318816914.
 21. Al-Sahly A., Hassan M.M., Al-Rubaian M., Al-Qurishi M. *Using GIS for Measuring Mobile Tower Radiation on Human.* IEEE 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS). IEEE; 2018. ISBN 9781538644287. DOI: 10.1109/CAIS.2018.8441997.
 22. Yashchenko S.G., Rybalko S.Yu., Shibanov S.E. Influence of electromagnetic environment of mobile communication devices on incidence of cardiovascular diseases. *Russian Open Medical Journal.* 2018; 7 (4): 410. DOI: 10.15275/rusomj.2018.0410.