

УДК 613.647:537.87

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

Алтайский государственный медицинский университет, г. Барнаул

Баландович Б.А., Поцелуев Н.Ю., Красиков А.А., Тулин Н.Ю., Нагорняк А.С., Пашков А.П., Жукова О.В., Филиппова С.П., Швед О.И., Шульц К.В.

В статье представлены методические подходы к оценке риска воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона на различные группы населения Алтайского края. Риск оценивался по итогам лабораторно-инструментальных измерений плотности потока энергии от 21 радиотехнического объекта, расположенного в 4 городах и 10 сельских районах Алтайского края. Риск от воздействия электромагнитного излучения при эксплуатации обследованных передающих радиотехнических объектов не превышает допустимые уровни. В то же время представленные результаты показывают риск от воздействия лишь небольшой части электромагнитного спектра радиочастотного диапазона и требуют дополнительных исследований, направленных на уточнение негативного воздействия различных видов электромагнитных излучений

Ключевые слова: электромагнитное поле, передающий радиотехнический объект, плотность потока энергии, радиочастотный диапазон, риск воздействия.

The article presents methodological approaches to assessing the risk of exposure to electromagnetic fields of the radio frequency range on various groups of the Altai Krai population. The risk was assessed according to the results of laboratory and instrumental measurements of the energy flux density from 21 radio engineering facilities located in 4 cities and 10 rural districts of Altai Krai. The risk of exposure to electromagnetic radiation during the implementation of the surveyed transmitting radio objects does not exceed permissible levels. At the same time, the presented results show the risk of exposure to only a small part of the electromagnetic spectrum of the radio frequency range and require additional studies aimed at clarifying the negative effects of various types of electromagnetic radiation.

Key words: electromagnetic field, transmitting radio object, energy flux density, radio frequency range, risk of exposure.

В настоящее время риск-ориентированный подход занимает ведущее место в оценке негативного воздействия окружающей среды на здоровье человека. Достаточно изученным в научно-гигиеническом плане является воздействие химических и биологических факторов в силу их детерминированности по отношению к организму человека, физические же факторы представляют особый интерес, обусловленный отсутствием для некоторых из них специфических органов чувств и сигнальных систем организма по их индицированию. Одним из ведущих физических факторов риска являются электромагнитные поля (ЭМП) как особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами. Современные исследования показывают, что различные частотные диапазоны неионизирующих электромагнитных колебаний оказывают разнообразный характер воздействия на физиологические процессы в организме. В частности, установлено, что на частоте 8,6 Гц наблюдается максимально негативное действие на лимфоциты здоровых доноров, а наиболее благоприятной является частота ЭМП, соответствующая

частоте естественного электромагнитного поля Земли (7,8 Гц), что подтверждено для лимфоцитов, выделенных из крови больных врожденными пороками [1, 2]. У детей, чрезмерно пользующихся гаджетами, нарушаются процессы запоминания и воспроизведения информации, сна, психоэмоциональная нестабильность [3, 4]. Повышается уровень тревожности, также могут наблюдаться задержка полового развития и склонность к частым простудным заболеваниям. Доказано, что критическими органами и системами для электромагнитных излучений (ЭМИ) являются центральная нервная система, орган зрения, кроветворная система и гонады [5]. Выявлены значимые эффекты воздействия электромагнитного излучения на нервную систему животных в эксперименте с характерным транзиторным снижением обучаемости в лабиринте и в «реакции избавления», нарушением процесса консолидации навыка в долговременной памяти, изменением структуры локомоторного поведения, повышением реактивности к наркотическим веществам. Установлена нелинейная связь реакций центральной нервной системы с интенсивностью электромагнитных излучений [6, 7, 8]. Кроме того, определены ча-

стотно-энергетические диапазоны, в пределах которых негативный эффект неионизирующей радиации наиболее выражен [9, 10]. Экспериментальные исследования электромагнитных полей при эксплуатации ноутбуков выявили превышения в области сверхвысокочастотного диапазона в 25% случаев.

Отдельную проблему представляет оценка риска воздействия электромагнитных полей от передающих радиотехнических объектов (ПРТО). Наиболее распространенным частотным диапазоном при их работе является интервал частот от 0,7 ГГц до 3,6 ГГц (или ультравысокие и сверхвысокие частоты радиочастотного диапазона), в характере воздействия которых на организм человека отмечается наличие ряда максимумов поглощения, при которых тело «втягивает» в себя электромагнитное поле и поглощает энергии больше, чем приходится на его поперечное сечение. Следует отметить, что для человека условия возникновения максимумов поглощения в голове (с риском канцерогенеза) имеют место на частотах 0,75-2,5 ГГц [17].

Особое значение имеет математическое многофакторное моделирование, основанное на анализе антропогенной электромагнитной нагрузки на среду обитания, с учетом систематизации данных о состоянии здоровья населения, демографической обстановки, онкологической заболеваемости населения региона, что обеспечивает возможность моделирования эколого-гигиенической обстановки, а также дифференцированно оценивать риск негативного воздействия электромагнитного излучения [11, 12, 13].

Таким образом, для специалистов в области профилактической медицины представляет большой интерес изучение возможных рисков здоровью населения от передающих радиотехнических объектов [14, 15, 16].

Материалы и методы

Исследования электромагнитных полей радиочастотного диапазона от передающих радиотехнических объектов проводились научным коллективом института гигиены труда и промышленной экологии Алтайского государственного медицинского университета совместно с кафедрой гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности АГМУ на базе аккредитованной испытательной лаборатории гигиенического мониторинга условий труда. Использовался измеритель параметров электромагнитного поля ПЗ-34 с антенной-преобразователем изотропной направленности АПЗ-34 СВЧ, предназначенный для измерений плотности потока электромагнитной энергии, средних квадратических значений напряженности электрического и магнитного полей в режиме непрерывного генерирования. Всего было

проведено 212 измерений плотности потока энергии электромагнитного поля в 14 населенных пунктах Алтайского края: города Барнаул, Бийск, Рубцовск, Заринск, а также села Шипуново, Рагозиха (Павловский район), Поспелиха, Тюменцево, Буланиха (Зональный район), населенные пункты Бийского района – Малоутренёво, Стан-Бехтемир, Старая Чемровка, Усятское, Чуйский. Измерения ППЭ проводились в соответствии с МУК 4.3.1167-02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц». Гигиеническая оценка полученных значений ППЭ осуществлялась на основании СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов». Выбор мест измерений определялся необходимостью по возможности исключить облучение населения в местах его возможного нахождения как в пределах санитарно-защитной зоны ПРТО и зоны ограничения, так и вне их. В обязательном порядке обследованию в границах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) подлежали здания первой линии относительно ПРТО. При проведении измерений ППЭ учитывалась информация о типах передающих радиотехнических средств, излучающих антенн, рабочих частотах, режимах и мощности передатчика, рельефе местности и наличии отражающих поверхностей. В каждой точке измерений определялось максимальное значение ППЭ по высоте до 2 метров с ориентацией изотропного датчика измерителя ПЗ-34 на излучающую антенну ПРТО.

Был произведен расчет риска возникновения менингиомы под воздействием электромагнитного поля в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.1.10.0061-12 «Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест» для 21 передающего радиотехнического объекта. Для оценки риска использовались значения индекса риска при двух сценариях: наименее и наиболее благоприятном. Наиболее благоприятный сценарий предполагает воздействие электромагнитного поля в течение 8 часов, наименее благоприятный – в течение 24 часов в сутки. Для каждого из сценариев был рассчитан индекс риска при воздействии на протяжении 5, 10 и 20 лет.

Результаты и обсуждение

Рассчитанный индекс риска для всех точек измерений всех исследованных объектов не превышает 0,05, что в соответствии с МР 2.1.10.0061-12 классифицируется как «риск пренебрежительно малый, низкий, слабо влияющий на уровень состояния здоровья на исследуемой территории». Диапазон измеренных

значений плотности потока энергии (ППЭ) радиочастотного диапазона от обследованных ПРТО колебался в интервале от $0,5 \pm 0,02$ мкВт/см² до $233,7 \pm 4,2$ мкВт/см². При этом превышений ПДУ плотности потока энергии (10 мкВт/см²) для населения в диапазоне 0,3-300 ГГц на жилых этажах зданий и в селитебной территории не отмечалось. Уровни ППЭ, превышающие 10 мкВт/см², регистрировались на крышах зданий, где был исключен доступ лиц, не связанных с обслуживанием ПРТО, и, соответственно, соблюдались гигиенические нормативы ППЭ для условий производственного воздействия на данном частотном диапазоне в 1000 мкВт/см². В то же время следует отметить, что на 47,6% исследованных объектов выявлялось превышение плотности потока энергии (ППЭ) по сравнению с расчетными значениями, представленными проектирующими организациями, что свидетельствует о необходимости проведения лабораторно-инструментальных измерений в каждом конкретном случае при экспертной оценке и подготовке санитарно-эпидемиологического заключения на условия размещения ПРТО. Максимальное зарегистрированное значение ППЭ определялось на крыше здания, где исключен доступ людей, не связанных с обслуживанием ПРТО, и составило 233,71 мкВт/см², что определило наибольший из полученных индексов риска (0,025 при воздействии в течение 20 лет). Риск от 76,2% исследованных объектов не превышает фоновый (индекс риска равен 0).

В табл. 1 приведены результаты измерений и расчетов для городов, в табл. 2 – в селах и населенных пунктах Алтайского края. В сельской местности ни на одном из исследованных объектов рассчитанный риск не превысил фоновый, и индекс риска воздействия электромагнитных излучений радиочастотного диапазона от ПРТО равен нулю.

Из представленных в таблицах 1-2 результатов исследований видно, что даже в случае превышения расчетных показателей ППЭ риск от воздействия электромагнитного излучения при эксплуатации передающих радиотехнических объектов не превышает допустимых уровней. В то же время представленные результаты показывают риск от воздействия лишь небольшой части электромагнитного спектра радиочастотного диапазона и требуют дополнительных исследований, направленных на уточнение негативного воздействия различных видов электромагнитных излучений (ЭМП промышленной частоты, гипогемагнитные поля, электростатическое поле, компьютерные излучения).

Выводы:

1. При наиболее негативном сценарии 24-часового воздействия электромагнитного

излучения при эксплуатации передающих радиотехнических объектов риск не превышает допустимых уровней и достигает 0,026.

2. Несмотря на то, что, согласно исследованиям, проведение профилактических мероприятий не требуется, представляется целесообразным проведение дополнительных исследований как *in vivo*, так и *in vitro*, направленных на изучение сочетанного воздействия различных видов электромагнитных излучений на организм человека.

3. Представляется целесообразным проведение комплексного междисциплинарного исследования с участием специалистов в области физиологии, биохимии и гигиены, с целью уточнения негативного воздействия электромагнитных полей на здоровье населения.

4. Во всех случаях размещения ПРТО его владелец обязан рассматривать возможность применения различных методов защиты общественных и производственных зданий от ЭМП на стадиях проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации.

5. Территории (участки крыш зданий), на которых уровень ЭМП превышает ПДУ для населения и на которые возможен доступ лиц, не связанных непосредственно с обслуживанием ПРТО, должны быть ограждены или обозначены предупредительными знаками.

Список литературы:

1. Текуцкая Е.Е., Васильев Ю.А., Храмцова А.А. Исследование воздействия электромагнитного излучения низкой частоты на активность лимфоцитов. Российский иммунологический журнал. 2014; 8(17),3: 466-468.
2. Семенова Н.В., Денисов А.П., Денисова О.А., Кун О.А., Кузюкова А.В. Влияние электромагнитного излучения от сотовых телефонов на здоровье детей и подростков (обзор литературы). Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016; 6-4: 701-705.
3. Евдокимов В.В., Айбятгов Д.Т., Туровецкий В.Б., Андреева Л.А., Мясоедов Н.Ф., Шмальгаузен Е.В., Муранец В.И. Влияние различных факторов на параметры эякулята человека *in vitro*. Андрология и генитальная хирургия. 2015; 16(4): 40-45.
4. Павлова Л.Н., Жаворонков Л.П., Дубовик Б.В., Глушакова В.С., Посадская В.М. Экспериментальная оценка реакций ЦНС на воздействие импульсных ЭМИ низкой интенсивности. Радиация и риск. 2010; 19(3): 104-119.
5. Marynchenko L.V., Nizhelska O.I., Lytvynenko D.M., Zabolotna G.M. The impact of superhigh frequency electromagnetic radiation on threonine producer *brevibacterium flavum*. *Biotechnologia Acta*. 2016; 9(6): 82-89.

Результаты измерений плотности потока энергии от передающих радиотехнических объектов и последующего расчета индекса риска в городах Алтайского края

№ п/п	Длительность воздействия (лет)	Индекс риска при 8-часовом воздействии	Индекс риска при 24-часовом воздействии	Удельный вес значений ППЭ, не соответствующих расчетным данным	Максимальный уровень ППЭ (мкВт/см ²)	Количество измерений ППЭ
Барнаул						
1	5	0	0	44,44%	7,14	9
	10	0	0			
	20	0	0			
2	5	0,000023	0,000072	16,67%	9,52	12
	10	0,000042	0,000134			
	20	0,000069	0,000231			
3	5	0	0	9,52%	5,8	21
	10	0	0			
	20	0	0			
4	5	0,000229	0,000704	5,88%	27,2	17
	10	0,000412	0,001305			
	20	0,000675	0,002257			
5	5	0,000145	0,000446	28,57%	20	7
	10	0,000261	0,000828			
	20	0,000428	0,001432			
Бийск						
6	5	0	0	0,00%	2	15
	10	0	0			
	20	0	0			
7	5	0	0	9,09%	7,39	11
	10	0	0			
	20	0	0			
8	5	0	0	18,18%	3,4	11
	10	0	0			
	20	0	0			
9	5	0,00015	0,000462	0,00%	20,43	7
	10	0,00027	0,000856			
	20	0,000443	0,001481			
Рубцовск						
10	5	0	0	36,36%	5,554	11
	10	0	0			
	20	0	0			
Заринск						
11	5	0,002626	0,008079	0,00%	233,71	7
	10	0,004726	0,014982			
	20	0,00775	0,025916			

6. Мокрецов А.И., Шмаров И.В. Микро-среда осужденных в ИТУ. М.: ВНИИ МВД СССР, 1979.

7. Васильева Т.И., Сарокваша О.Ю. Влияние электромагнитного поля сотового телефона на организм человека в зависимости от возраста. Вестник Самарского Государственного Университета. 2012; 3.2: 29-36.

8. Гапанович С.О., Левченко В.Ф. К вопросу об информационной антропоэкологии.

Принципы экологии. 2017; 4: 4-16. DOI: 10.15393/j1.art.2017.5662.

9. Davenport T.H., Prusak L. *Information Ecology: Mastering the Information and Knowledge Environment*. New York: Oxford University Press, 1997.

10. Ускова С.В., Лелюхин А.М. Электромагнитные поля от компьютера как фактор негативного воздействия на здоровье человека. Успехи современного естествознания. 2011; 7: 225а.

Таблица 2

Результаты измерений плотности потока энергии от передающих радиотехнических объектов и последующего расчета индекса риска в сельской местности на территории Алтайского края

№ п/п	Длительность воздействия (лет)	Индекс риска при 8-часовом воздействии	Индекс риска при 24-часовом воздействии	Удельный вес значений ППЭ, не соответствующих расчетным данным	Максимальный ППЭ (мкВт/см ²)	Количество измерений
Шипуновский район						
1	5	0	0	14,29%	0,534	7
	10	0	0			
	20	0	0			
Павловский район						
2	5	0	0	0,00%	0,82	7
	10	0	0			
	20	0	0			
Поспелихинский район						
3	5	0	0	0,00%	3,998	9
	10	0	0			
	20	0	0			
Тюменцевский район						
4	5	0	0	0,00%	0,5	14
	10	0	0			
	20	0	0			
Зональный район						
5	5	0	0	0,00%	0,5	7
	10	0	0			
	20	0	0			
Бийский район						
6	5	0	0	8,33%	0,74	12
	10	0	0			
	20	0	0			
7	5	0	0	0,00%	1,11	7
	10	0	0			
	20	0	0			
8	5	0	0	0,00%	0,5	6
	10	0	0			
	20	0	0			
9	5	0	0	0,00%	0,9	8
	10	0	0			
	20	0	0			
10	5	0	0	14,29%объекта	0,62	7
	10	0	0			
	20	0	0			

11. Рахманин Ю.А. Актуализация проблем экологии человека и гигиены окружающей среды и пути их решения. Гигиена и санитария. 2012; 5: 4-8.

12. Карелин А.О. Информационные факторы риска в постиндустриальном обществе. Вестник РГМУ. 2013; 5-6: 111-113.

13. Мифтиев Д.З. К проблеме воздействия электромагнитного излучения от воздушных линий электропередач на внешнюю среду и здоровье человека. Актуальные проблемы гу-

манитарных и естественных наук. 2015; 6-1: 83-86.

14. Звягинцева А.В., Никулев Н.А. Воздействие электромагнитных излучений на развитие радиоволновых заболеваний. Прикладные информационные аспекты медицины. 2018; 21(3): 108-113.

15. Ростиков В.П., Поляк М.А., Юнацкая Т.А. Гигиеническая оценка условий труда персонала Лузинской участковой больницы Омской области. Вести МАНЭБ в Омской области. 2013; 2(2): 28-32.

16. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г., Никитина В.Н. Риск отдаленных последствий хронического воздействия ионизирующей и неионизирующей радиации применительно к гигиеническому нормированию. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2004; 38(1): 56-62.

17. Российская энциклопедия по охране труда. Т.2. М.: НЦ ЭНАС; 2004: 347-351.

Контактные данные

Автор, ответственный за переписку: Баландович Борис Анатольевич, д.м.н., доцент, директор института гигиены труда и промышленной экологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 40. Тел.: (3852) 566898. E-mail: dr.balandovich@mail.ru

Информация об авторах

Поцелуев Николай Юрьевич, к.м.н., доцент кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65. Тел.: (3852) 566835. E-mail: pocelueff@gmail.com

Красиков Александр Анатольевич, м.н.с. института гигиены труда и промышленной экологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65. Тел.: (3852) 566898. E-mail: grizly137@yandex.ru

Тудин Николай Юрьевич, м.н.с. института гигиены труда и промышленной экологии Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул. 656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65. Тел.: (3852) 566898. E-mail: none184@ya.ru

Нагорняк Алексей Сергеевич, преподаватель кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65.

Тел.: (3852) 566835.

E-mail: tezaurismosis@gmail.com

Пашков Артем Петрович, к.м.н., доцент кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65.

Тел.: (3852) 566835.

E-mail: pashkart@mail.ru

Жукова Ольга Викторовна, к.м.н., доцент кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65.

Тел.: (3852) 566835.

E-mail: oov@mail.com

Филиппова Софья Петровна, к.м.н., доцент кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65.

Тел.: (3852) 566835.

E-mail: sofya.filippova@mail.ru

Швед Ольга Ивановна, преподаватель кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65.

Тел.: (3852) 566835.

E-mail: siboshv@gmail.com

Шульц Ксения Викторовна, преподаватель кафедры гигиены, основ экологии и безопасности жизнедеятельности Алтайского государственного медицинского университета, г. Барнаул.

656038, г. Барнаул, пер. Некрасова, 65.

Тел.: (3852) 566835.

E-mail: ksu994@mail.ru