

УДК 616-006

Использование СВЧ установки для оценки влияния излучения СВЧ диапазона на параметры роста экспериментальной опухоли

Пьянков В.Ф., Копылов А.Ф., Крюкова О.В.

The microwave plant for evaluating the growth parameters of experimental tumor by exposure to electromagnetic radiation

Pyankov V.F., Kopylov A.F., Kryukova O.V.

В настоящее время является общепризнанным тот факт, что электромагнитные поля антропогенного происхождения являются стрессорами для клеток живых организмов. В отличие от естественного электромагнитного поля, в котором организмы сформировались в процессе эволюции, к антропогенному электромагнитному излучению клетками не «разработаны» специфические защитные механизмы, активируемые в случае изменения внешних условий. Опасность искусственных электромагнитных полей для живых организмов заключается в том, что они, как правило, являются не статическими, а имеют переменные параметры по времени (например, гармонические, импульсные), по форме (модулированные поля), по частоте, в том числе одновременно могут присутствовать несколько на разных частотах, по поляризации, в отличие от природных электромагнитных полей. Большую долю в увеличение антропогенной электромагнитной нагрузки в настоящее время вносят используемые в повседневной жизни беспроводные коммуникационные устройства, работающие в СВЧ диапазоне. К таким устройствам относятся все модели абонентских сотовых телефонов и иных беспроводных радиотехнических устройств [1-4].

Для оценки рисков для здоровья населения от источников СВЧ излучения необходимо проводить исследования, позволяющие имитировать воздействие этих частот на живые организмы в лабораторных условиях. При

этом необходимо создавать установки, генерирующие низкоинтенсивный сигнал и работающие в диапазоне частот, близких к частотам систем беспроводной связи.

Для проведения исследований такого рода мы разработали и создали установку, работающую на частоте 915 МГц. Частота, на которой работает установка, выбрана из соображений реализации возможности проведения опытов на частотах, максимально близких к частотам сотовой связи и, в то же время, разрешенных для свободного использования рекомендациями Международного Союза Электросвязи, сектора радиосвязи – МСЭ-R (до 1992 года – Международным Консультативным Комитетом по Радио, МККР) [5]. Установка содержит источник СВЧ излучения (генератор Г4-122), выходная мощность которого плавно регулируется в пределах 0...100 мВт. Так как выходное сопротивление генератора Г4-122 равно 75 Ом, он соединен с дальнейшим СВЧ трактом через трансформатор волновых сопротивлений 75/50 Ом, который далее подключен к СВЧ тракту через кабель с волновым сопротивлением 50 Ом длиной около 1 м. Кабель подключен к коаксиальному тройнику с волновым сопротивлением основного канала 50 Ом, ответвляющим в дополнительный канал 1/100 часть мощности (-20 дБ) основного канала.

Для предотвращения выхода из строя чувствительной термоголовки измерителя СВЧ мощности МЗ-21А, между выходом СВЧ мощ-

ности с дополнительного канала тройника и этой термоголовкой установлен аттенуатор, вносящий затухание величиной около 10 дБ в этом дополнительном канале. Из основного канала тройника СВЧ мощность поступает через коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом на штыревую четвертьволновую антенну, обеспечивающую облучение биологических объектов, близко расположенных к этой антенне.

Уровень выходной мощности генератора Г4-122 на частоте 915 ГГц устанавливался нами до сборки всего описанного выше тракта СВЧ тем же измерителем мощности МЗ-21А, что и в описанной выше установке. При этом СВЧ генератор Г4-122 подключался к измерителю мощности МЗ-21А через аттенуатор с вносимым затуханием 30 дБ также для предотвращения выхода из строя чувствительной термоголовки измерителя СВЧ мощности. Таким образом мы устанавливали максимально возможную мощность, отдаваемую генератором в нагрузку на заданной рабочей частоте.

Применение двух достаточно длинных отрезков коаксиальных кабелей (около 1 м каждый) обусловлено необходимостью обеспечения гибкого соединения между устройствами и элементами установки. Эти кабели подобраны нами из условия минимальной величины вносимых ими в СВЧ тракт потерь.

Штыревая четвертьволновая антенна облучает мелких лабораторных животных, которые находятся в метаболической камере на расстоянии около 1 см от антенны внутри защитного металлического короба. Метаболическая камера представляет собой плексигласовый бокс с подключенным насосом, подающим воздух в камеру, и с отводом для забора проб. Нам представляется, что при такой конструкции подавляющая часть электромагнитного поля концентрируется в облучаемом объекте из-за высокого значения относительной диэлектрической проницаемости тканей облучаемых установкой лабораторных животных и

мало распространяется в окружающее пространство.

Облучающая животных антенна выполнена из медной проволоки диаметром 1,5 мм длиной немного более 8 см (около четверти длины волны частоты 915 МГц в свободном пространстве) и установлена в центре коаксиального корпусного разъема, который в свою очередь, механически закреплен на стенке защитного металлического короба. Металлический короб представляет собой ящик размерами 30х40х50 см с вентиляционными отверстиями. В стенке ящика 30х40 см механически закреплен корпусной коаксиальный разъем, который обеспечивает подачу СВЧ энергии на штыревую антенну от кабеля с одной стороны, и одновременно обеспечивает передачу этой энергии к припаянной к центральной жиле разъема четвертьволновой штыревой антенне с другой стороны. Как видно из размеров металлического короба, расстояния от антенны до стенок ящика составляют не менее 10 см во все стороны от объекта, над которым расположена антенна, что на наш взгляд обеспечивает слабое влияние стенок защитного короба на структуру электромагнитного СВЧ поля, создаваемого антенной над облучаемым объектом.

Постоянно включенный в систему установки измеритель мощности МЗ-21А позволяет осуществлять непрерывный контроль уровня мощности в канале передачи СВЧ энергии на облучаемый объект, а также осуществлять подстройку уровня мощности в канале до заданного значения в соответствии с техническими возможностями используемого в установке генератора Г4-122. Точно измерить величину плотности потока мощности СВЧ излучения на животных в такой конструкции практически невозможно, и в настоящее время можно констатировать только то, что на наш взгляд эта величина была существенно больше, чем допустимый при длительном воздействии безопасный для живых организмов уровень 10 мкВт/см².

Эксперименты проводили на белых беспородных мышах массой 25-27 г, полученных в питомнике ГНЦ «Вектор», Новосибирск. Каждому животному была привита экспериментальная опухоль – асцитная карцинома Эрлиха (АКЭ) – в концентрации 3×10^6 кл. Мышей с АКЭ помещали внутрь метаболической камеры ежедневно на 1 ч для облучения. Воздействие производили в течении 13 суток. Животные контрольной группы находились в таких же условиях, но не подвергались воздействию электромагнитного излучения (ЭМИ) СВЧ-диапазона.

Поскольку кривая роста АКЭ отражает фазы развития популяции опухолевых клеток в организме реципиента [6, 7], то в качестве контрольных точек были выбраны 7, 9, 11 и 13 сутки роста опухоли, для всех оцениваемых параметров.

С 7 по 9 сутки - фаза экспоненциального роста популяции, период активной пролиферации опухолевых клеток. На 11-15 сутки наступает, так называемая, фаза «плато», в этот период количество клеток АКЭ меняется незначительно из-за ухудшения микроокружения опухолевых клеток и снижения жизнеспособности организма-опухоленосителя [7,8].

Как следует из полученных данных, кривые роста АКЭ для контрольной и облучаемой групп животных повторяют друг друга. Однако, в контрольной группе число клеток в суспензии опухоли достоверно выше, чем после воздействия ЭМИ СВЧ в установке. Известно, что в гетерогенном штамме АКЭ присутствуют две субпопуляции опухолевых клеток. В ходе развития опухолевого процесса происходит «смена» этих линий, равновесие в содержании клеток двух субпопуляций наступает в стационарной фазе роста [8]. Возможно, что при воздействии ЭМИ СВЧ происходила усиленная гибель клеток популяций АКЭ.

При оценки жизнеспособности популяции опухолевых клеток на разных сроках развития АКЭ было получено, что в контрольной

группе погибших клеток больше, чем в группе после воздействия ЭМИ СВЧ. С 7 по 9 сутки наблюдали рост количества погибших клеток в суспензии, однако к 11 суткам - количество погибших клеток в обеих группах падает. Наблюдалась сходная динамика гибели клеток в обеих группах, при том что у животных облучаемой группы было существенно меньше погибших клеток, что, в свою очередь, может быть связано с меньшим количеством клеток АКЭ в суспензии.

В результате проведенного эксперимента получено, что при воздействии СВЧ излучения, генерируемого установкой, на животных-реципиентов с АКЭ в опухоли снижается количество клеток, особенно в период активной пролиферации, и при этом количество погибших клеток в суспензии также снижается.

Литература

1. Blank M., Goodman R. Electromagnetic fields stress living cells // Pathophysiology. 2009. № 16. – P. 71–78.
2. Григорьев Ю.Г. Принципиально новое электромагнитное загрязнение окружающей среды и отсутствие адекватной нормативной базы - к оценке риска (анализ современных отечественных и зарубежных данных) // Гигиена и санитария. 2014. Т.93, N 3. – С.11-16
3. Григорьев Ю.Г. Сотовая связь и здоровье: Электромагнитная обстановка. Радиобиологические и гигиенические проблемы. Прогноз опасности / Ю.Г.Григорьев, О.А.Григорьев; Федер. мед.-биофиз. центр им. А.И. Бурназяна. – М.: Экономика, 2013. – 565 с.
4. Kazemi E., Mortazavi S.M.J., Ali-Ghanbari A., Sharifzadeh S., Ranjbaran R., Mostafavi-pour Z., Zal F., Haghani M. Effect of 900 MHz Electromagnetic Radiation on the Induction of ROS in Human Peripheral Blood Mononuclear Cells // J. Biomed. Phys. Eng., V.5, №3, 2015. – P. 105-114.
5. Рекомендации МСЭ-R SM.1056-1. Ограничение излучений от промышленного, научного и медицинского (ПНМ) оборудования. (Вопрос МСЭ-R 70/1)
6. Инжееваткин Е.В., Савченко А.А. Метаболические изменения в печени мышей при асцитной

карциноме Эрлиха // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. 2014. Т.157. № 6. – С.757-761.

7. Ozaslan M. Ehrlich ascites carcinoma / Ozaslan M., Karagoz I.D., Kilic I.H., Guldur M.E. // African Journal of Biotechnology. 2013. Vol. 10, № 13. – P. 2375–2378.

8. Vincent, P.C. Comparison of the growth of the Erlich ascites tumor in male and female mice / P.C. Vincent, A. Nicholis // Cancer Research. 1967. Vol. 27. – P. 1058–1065.

References

1. Blank M., Goodman R. Electromagnetic fields stress living cells // Pathophysiology. 2009. № 16. – P. 71–78.

2. Grigorjev J.G. Principial'no novoe jelektromagnitnoe zagtrjaznenie okruzhajushhej sredy i otsutstvie adekvatnoj normativnoj bazy - k ocenke riska (analiz sovremennyh otechestvennyh i zarubezhnyh dannyh) [Brand new electromagnetic pollution and the lack of an adequate regulatory framework - the risk assessment (analysis of the current domestic and foreign data)] // Gigiena i sanitarija [Hygiene and sanitation]. 2014. Vol.93, № 3. – P.11-16

3. Grigorjev J.G. Sotovaja svjaz' i zdorov'e: Jelektromagnitnaja obstanovka. Radiobiologicheskie i gigienicheskie problemy. Prognoz opasnosti [Cellular communication and health: Electromagnetic Environment. Radio biological and hygienic problems. forecast

danger] / J.G.Grigorjev, O.A.Grigorjev. – Moscow: Ekonomika, 2013. – 565p.

4. Kazemi E., Mortazavi S.M.J., Ali-Ghanbari A., Sharifzadeh S., Ranjbaran R., Mostafavi-pour Z., Zal F., Haghani M. Effect of 900 MHz Electromagnetic Radiation on the Induction of ROS in Human Peripheral Blood Mononuclear Cells // J. Biomed. Phys. Eng., V.5, №3, 2015. – P. 105-114.

5. Rekomendacii MSJe-R SM.1056-1. Ogranichenie izluchenij ot promyshlennogo, nauchnogo i medicinskogo (PNM) oborudovanija. (Vopros MSJe-R 70/1) [Recommendation ITU-R SM.1056-1. Limitation of radiation from industrial, scientific and medical (ISM) equipment. (Question ITU-R 70/1)]

6. Inzhevatkin E.V., Savchenko A.A. Metabolicheskie izmenenija v pecheni myshej pri ascitnoj karcinome Jerliha [Metabolic changes in the liver of mice with Ehrlich ascites carcinoma] // Bjull. jeksperim. biologii i mediciny. 2014. Vol..157. № 6. – P.757-761.

7. Ozaslan M. Ehrlich ascites carcinoma / Ozaslan M., Karagoz I.D., Kilic I.H., Guldur M.E. // African Journal of Biotechnology. 2013. Vol. 10, № 13. – P. 2375–2378.

8. Vincent, P.C. Comparison of the growth of the Erlich ascites tumor in male and female mice / P.C. Vincent, A. Nicholis // Cancer Research. 1967. Vol. 27. – P. 1058–1065.

Статья поступила в редакцию 6 декабря 2015 г.

Пьянков Владимир Федорович – аспирант, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», лаборант ФГБУН «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, Россия. E-mail: Shymer@bk.ru

Копылов Алексей Филиппович – доцент кафедры Радиотехника Института инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия. E-mail: kopaph@yandex.ru

Крюкова Ольга Витальевна – научный сотрудник, ФГБУН «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Красноярск, Россия. E-mail: olikru@yandex.ru

Pyankov Vladimir Fedorovich – graduate student, Siberian Federal University, lab assistant, Krasnoyarsk Scientific Centre of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: Shymer@bk.ru

Kopylov Aleksey Filippovich – PhD, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: kopaph@yandex.ru

Kryukova Olga Vitaljevna – Researcher, Krasnoyarsk Scientific Centre of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: olikru@yandex.ru