

УДК 621.039 614.8.086.52

СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА КАЧЕСТВО ЭПР СПЕКТРОВ

¹⁾ Жумадилов К.Ш., ²⁾ Иванников А.И., ¹⁾ Абышев Б.К., ²⁾ Степаненко В.Ф., ³⁾ Хоши М.

¹⁾ Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²⁾ МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, Обнинск, Россия

³⁾ Университет Хиросимы, Хиросима, Япония

В статье приведены результаты исследования степени влияния излучения мобильных телефонов на формирование спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и электромагнитного шума на примере измерений образцов зубных эмалей для диапазона низких доз. С этой целью были получены спектры облученных зубных образцов. Спектры десяти образцов, облученных в номинальных дозах 0, 100, 200, 300 и 500 мГр парами, регистрировались в разное время с мобильным телефоном, и без него. Мобильный телефон был расположен вблизи резонатора спектрометра ЭПР. Специальное программное обеспечение применялось для извлечения радиационно-индуцированного сигнала (РИС) из полного спектра ЭПР и определения его интенсивности. Как было упомянуто выше, для изучения влияния сигнала мобильного телефона на сигнал ЭПР в этом исследовании, радиационный сигнал (РИС) (стандартное отклонение (SD)) будет оцениваться фоновым сигналом и остаточной суммой. Эти параметры были получены для одиночных измерений и как среднее для четырех повторных измерений.

ВВЕДЕНИЕ

Мобильные телефоны используют электромагнитное излучение в микроволновом диапазоне с частотами между 300 МГц (0,3 ГГц) и 300 ГГц [1]. В этом исследовании использовался мобильный телефон с технологией множественного доступа с кодовым разделением (CDMA). Это позволяет использовать цифровую модуляцию, называемую расширенным спектром, которая распределяет голосовые данные по очень широкому каналу псевдослучайным образом с использованием псевдослучайного кода пользователя или ячейки [2].

Целью исследования является оценка влияния мобильного телефона на примеси спектров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и чувствительности спектрометра. Диапазон ЭПР обусловлен частотой или длиной волны микроволнового источника спектрометра. Эксперименты ЭПР часто проводятся в X-диапазоне с частотой микроволн 10 ГГц. Коэффициентом, определяющим чувствительность спектрометра, является отношение сигнал / шум. Из литературы [3] имеется несколько типов шумового сигнала, таких как шум детектора, клистрон-шум, шум усилителя и т.д., а также в этом исследовании радиационный сигнал (РИС) (стандартное отклонение), фоновый сигнал и остаточная сумма. Эти три параметра отвечают за качество спектров ЭПР и за чувствительность спектрометра, который пропорционален отношению амплитуды сигнала к амплитуде шума на рекордере. Также эти параметры были исследованы в дневное и вечернее время с мобильным телефоном и без него. Мобильный телефон располагался вблизи резонатора спектрометра ЭПР.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гранулы зубной эмали, полученные из разных образцов зубов, смешивали и после поделили на

аликвоты по 100 мг. Полученные 10 аликвот облучали дозами 0, 100, 200, 300, 500 мГр соответственно источником ⁶⁰Co в Университете Хиросимы [4–7]. Стандартное отклонение дозы облучения оценивается как 3 %.

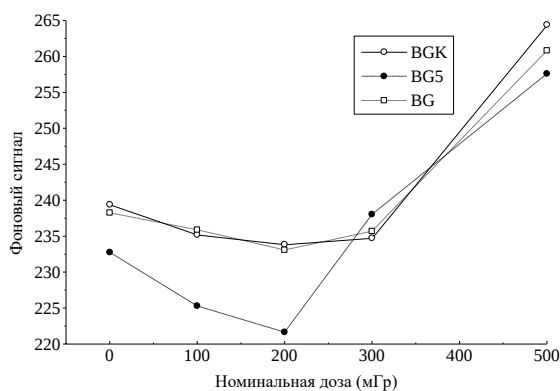
Измерения ЭПР проводились по меньшей мере через десять дней после облучения и подготовки образца, так что все переходные радиационно-механические сигналы исчезли или пришли в равновесное состояние [8]. Все измерения проводились при стабилизированной комнатной температуре 21 °C с использованием спектрометра ЭПР в X-диапазоне JEOLJES-FA100, оснащенного цилиндрической моделью резонатора EV-UCX2 с цилиндрической формой TE011 с высоким Q-фактором, и с использованием параметров регистрации спектра аналогичными ранее опубликованным [9, 10].

Специально разработанное компьютерное программное обеспечение [11–13] использовалось для извлечения радиационно-индуцированного сигнала (РИС) из полного спектра ЭПР и определения его интенсивности (или амплитуды пика-пика). Спектр ЭПР облученной эмали был разделен на РИС и фоновый сигнал (BGS), применяя нелинейную аппроксимацию модельного спектра, описывающего РИС и BGS в аналитической форме. Процедура обработки спектра была применена с описанием BGS асимметричной узкой составляющей и широкой составляющей, состоящей из суперпозиции гауссовских производных функций. Для всех эмалевых спектров использовалось окно шириной 3,0 мТл (левая граница окна фитинга была равна –1,0 мТл и правая граница +2,0 мТл по отношению к максимальному значению BGS) [14–17].

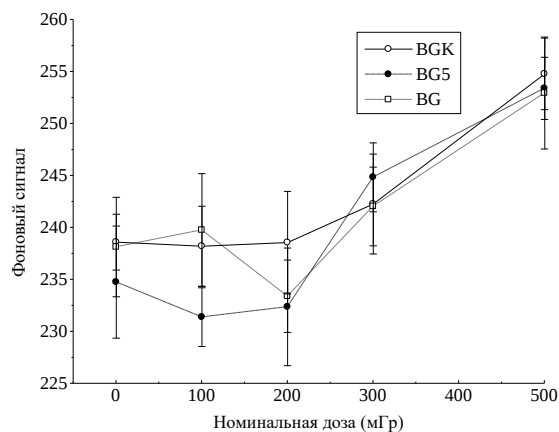
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектры десяти образцов, облученных в номинальных дозах 0, 100, 200, 300 и 500 мГр, регистри-

ровались в разное время и с мобильным телефоном, и без него: 1) в течение дня с 9 до 17 часов; 2) в течение дня с 9 до 17 часов с мобильного телефона. После 17 часов и в субботу и воскресенье с 9 до 17 часов (это не предполагает, что никакой шумовой сигнал не способствовал спектрам). Этот выбор был обусловлен различными условиями и влиянием шума в дневное время и после 17 часов, в субботу и воскресенье (когда нагрузка снижается). Местоположение телефона было, как обычное положение при использовании спектрометра ЭПР оператором, т.е. рядом с резонатором.



а)



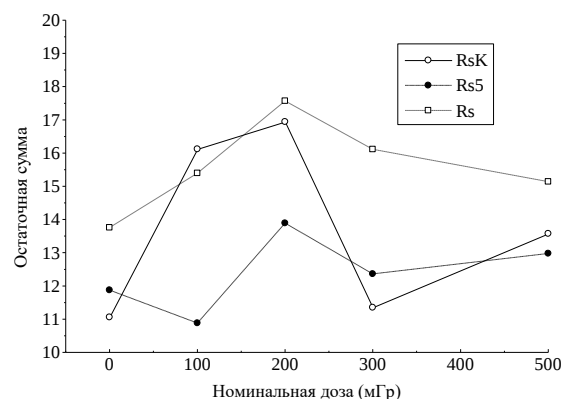
б)

BGK – фононый сигнал для условий измерений с мобильным телефоном; BG5 – фононый сигнал для условий измерений после 17 часов без мобильного телефона; BG – фононый сигнал для условий измерений от 9 до 17 часов без мобильного телефона

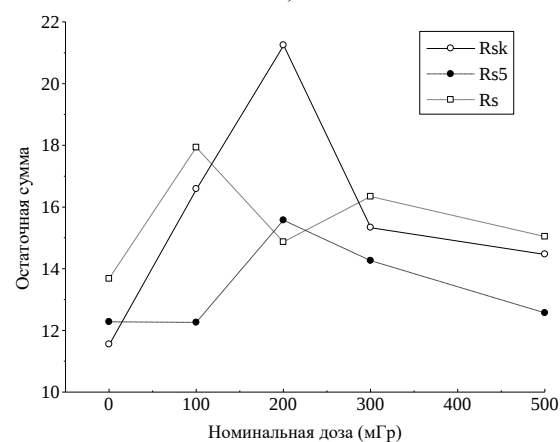
Рисунок 1. Зависимость фонового сигнала от номинальной дозы: (а) – для одиночных спектральных измерений; (б) – для средних четырех повторных спектральных измерений.

Как было упомянуто выше для изучения влияния сигнала мобильного телефона на сигнал ЭПР в этом исследовании, радиационный сигнал (RIS) (стандартное отклонение (SD)) будет оцениваться фоновым сигналом и остаточной суммой. Эти параметры были получены для одиночных измерений и как среднее для четырех повторных измерений. На рисунке 1 показан фононый сигнал из образцов эмали для

разного времени измерения с мобильным телефоном и без него. Из этого рисунка для одиночного измерения (рисунок 1, а) самый низкий фоновый сигнал был обнаружен после 17-часовых спектров, для измерения дневного времени и для измерений с сигналом мобильного телефона почти одинаковый и только для дозы 500 мГр с фоновым сигналом мобильного телефона выше. Для среднего из четырех повторных спектров (рисунок 1, б) изменения были обнаружены для всех точек (кроме 300 мГр) для измерения после 17 часов. Более высокий фоновый сигнал для всех точек для измерений с мобильным телефоном (кроме 100 мГр).



а)



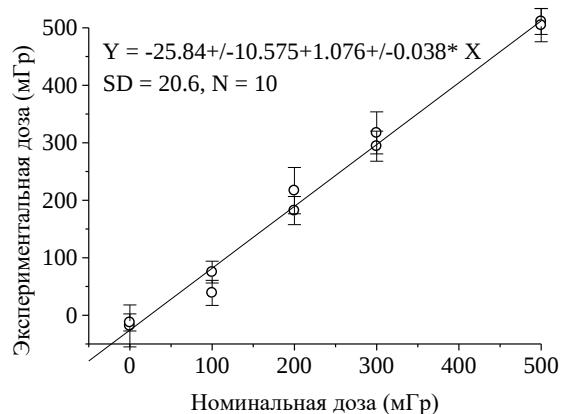
б)

RsK – остаточный сигнал для условий измерений с мобильным телефоном; Rs5 – остаточный сигнал для условий измерений после 17 часов без мобильного телефона; Rs – остаточный сигнал для условий измерений от 9 до 17 часов без мобильного телефона

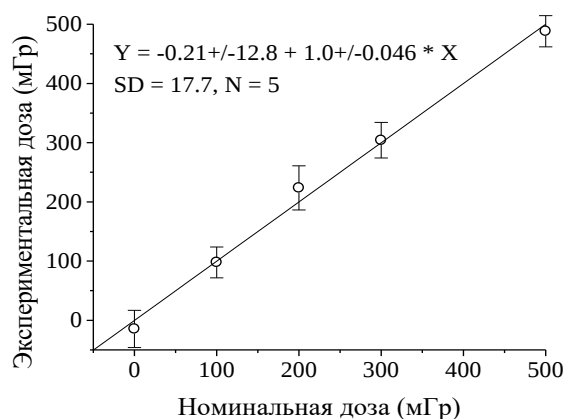
Рисунок 2. Зависимость остаточной суммы от номинальной дозы: (а) – для измерений в одном спектре, (б) – для средних четырех повторных спектральных измерений

Качество фильтрации спектров при обработке характеризуется остаточным сигналом, полученным путем вычитания модельного спектра из экспериментального. Интенсивность этого сигнала характеризуется остаточной суммой, которая получается из среднеквадратичной амплитуды остаточного сигнала. Остальная сумма численно характеризует шумы

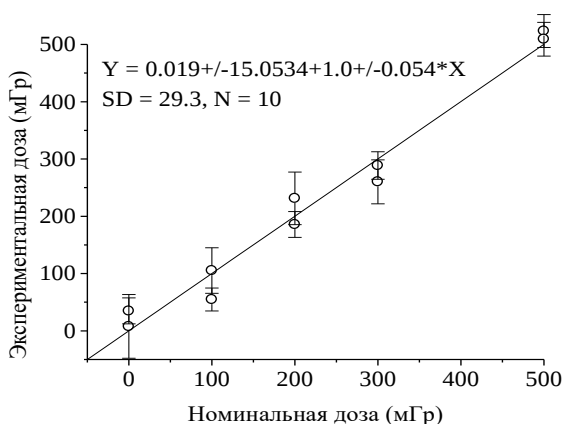
**СТЕПЕНЬ ВЛИЯНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ
НА КАЧЕСТВО ЭПР СПЕКТРОВ**



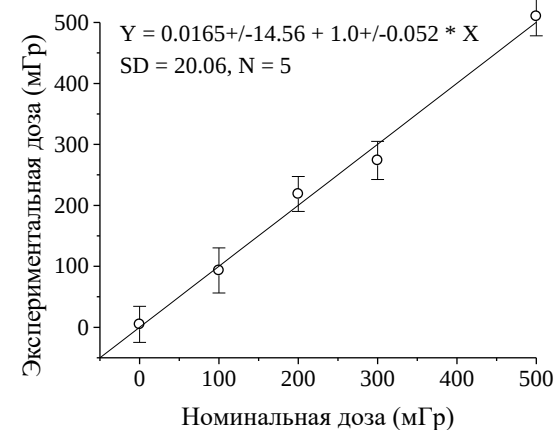
а)



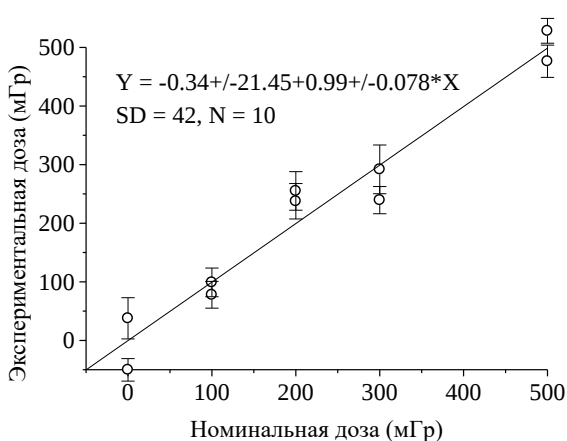
а)



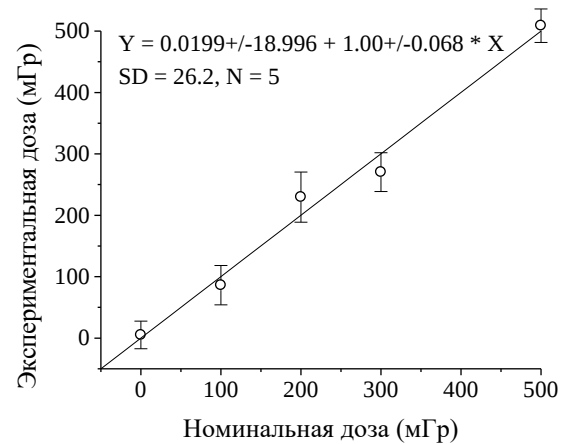
б)



б)



в)



в)

Рисунок 3. Зависимость экспериментальной дозы от номинальной дозы для измерения одиночного спектра: (а) – для условий измерения после 17 часов без мобильного телефона; (б) – для условий измерения от 9 до 17 часов без мобильного телефона; (в) – для условий измерений с помощью мобильного телефона

в остаточном сигнале, а также вызвана неполным соответствием модели экспериментальному спектру. Зависимости остаточной суммы от времени накопления, измеренных для различной дозы, показаны на рисунке 2.

Рисунок 4. Зависимость экспериментальной дозы от номинальной дозы для четырех повторных спектральных измерений: (а) – для условий измерения после 17 часов без мобильного телефона; (б) – для условий измерения от 9 до 17 часов без мобильного телефона; (в) – для условий измерений с помощью мобильного телефона

Для одиночных спектральных измерений (рисунок 2, а) и для средних четырех повторных спектральных измерений нельзя сказать о высоком влиянии мобильного телефона, потому что некоторые результаты для измерений с мобильным телефоном

выше результатов во время дневных измерений без мобильного телефона. И только измерения после 17 часов приводят к уменьшению шумового сигнала.

Для определения влияния RIS на измерения одиночных спектров (рисунок 3) и RIS для четырех повторных спектральных измерений (рисунок 4) оценка стандартного отклонения (SD) для условий измерения после 17 часов без мобильного телефона (рисунки 3, а и 4, а); для условий измерения от 9 до 17 часов без мобильного телефона (рисунки 3, б и 4, б); для условий измерений с помощью мобильного телефона (рисунки 3, в и 4, в). Из этих цифр SD для измерений с мобильным телефоном выше измерений без мобильного телефона и после 17 часов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pozar, David M. Microwave Engineering Addison-Wesley Publishing Company. ISBN 0-201-50418-9). - 1993.
2. Comparison of mobile phone standards. <http://en.wikipedia.org/wiki/>. - 2011.
3. Poole C.P. Electron spin resonance: comprehensive treatise on experimental techniques. - 2nd edition. Wiley, New York - 1983.
4. Ivannikov A.I. et al. Individual dose reconstruction among residents living in the vicinity of the Semipalatinsk Nuclear Test Site using EPR spectroscopy of tooth enamel // Health Phys. - 2002. - Vol. 83. - P. 183-196.
5. Ivannikov A.I. et al. Dental enamel EPR dosimetry: comparative testing of the spectra processing methods for determination of Radiation induced-signal amplitude // Health Phys. - 2010. - Vol. 98. - P. 345-351.
6. Tielewuhun E. et al. Spectra processing at tooth enamel dosimetry: analytical description of EPR spectrum at different microwave power // Radiat. Meas. - 2006. - Vol. 41. - P. 410-417.
7. Zhumadilov K. et al. ESR dosimetry study on population of settlements nearby Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan // Radiat. Environ. Biophys. - 2009. - Vol. 48. - P. 419-425.
8. IAEA Report. Use of electron paramagnetic resonance dosimetry with tooth enamel for retrospective dose assessment. Report of a coordinated research project // IAEA-TecDoc-1331. - Vienna. - 2002.
9. Hoshi M. et al. Interlaboratory comparison of tooth enamel dosimetry on Semipalatinsk region: Part 1, general view // Radiat. Meas. - 2007. - Vol. 42. - P. 1005-1014.
10. Ivannikov A.I. et al. Interlaboratory comparison of tooth enamel dosimetry on Semipalatinsk region: Part 2, Effects of spectrum processing // Radiat. Meas. - 2007. - Vol. 42. - P. 1015-1020.
11. Ivannikov A.I. et al. EPR Tooth Enamel Dosimetry: Optimization of the Automatic Spectra Deconvolution Procedure // Health Phys. - 2001. - Vol. 81(2). - P. 124-137.
12. Ivannikov A.I. et al. Optimization of recording conditions for the electron paramagnetic resonance signal used in dental enamel dosimetry // Radiat. Prot. Dosim. - 2002. - Vol. 100. - P. 531-538.
13. Zhumadilov K.S. et al. Tooth enamel EPR dosimetry: selecting optimal spectra registration parameters and effects of sample mass on sensitivity // J. Radiat. Res. - 2005. - Vol. 46. - P. 435-442.
14. Tanaka K. et al. Study on influence of X-ray baggage scan on ESR dosimetry for SNTS using human tooth enamel // J. Radiat. Res. - 2006. - Vol. 46. - P. 435-442.
15. Zhumadilov K. et al. Results of tooth enamel EPR dosimetry for population living in the vicinity of the Semipalatinsk nuclear test site // Radiat. Meas. - 2007. - Vol. 42. - P. 1049-1052.
16. Zhumadilov K. et al. Measurement of absorbed doses from X-ray baggage examinations to tooth enamel by means of ESR and glass dosimetry // Radiat. Environ. Biophys. - 2008. - Vol. 47. P. 541-545.
17. Toyoda S. et al., ESR Measurements of Background Doses in teeth of Japanese Residents // Radiat. Meas. - 2011. - Vol. 46. - P. 797-800.

ҰЯЛЫ ТЕЛЕФОН СӘУЛЕЛЕРІНІҢ ЭПР СПЕКТРІНІҢ САПАСЫНА ӘСЕР ЕТУ ДӘРЕЖЕСІ

¹⁾ К.Ш. Жумадилов, ²⁾ А.И. Иванников, ¹⁾ Б.К. Абышев, ²⁾ В.Ф. Степаненко, ³⁾ М. Хоши

¹⁾ Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университет, Астана, Қазақстан

²⁾ А.Ф. Цыба атындағы МРЗО – ФМБМ «ҰМРЗО» Ресей Денсаулық сақтау министрлігінің филиалы, Обнинск, Ресей

³⁾ Хиросима Университеті, Хиросима, Жапония

Мақалада ұялы телефонның электрондық парамагниттік резонанс спектрінің қалыптасуына және төменгі доза қатарындағы тіс эмалінің үлгілерін өлшеу кезінде электромагниттік шу есебіндегі тигізетін әсерінің зерттеу нәтижелері көрсетілген. Осы мақсатта сәулелендірілген тіс үлгілерінің спектрі алынды. Номиналды дозамен

(0, 100, 200, 300 және 500 мГр) сәулендірген он үлгілердің спектрі әр түрлі уақытта және ұялы телефонмен, телефонсыз тіркелді. Ұялы телефон ЭПР спектрометрінің резонаторына жақын орналастырылған. ЭПР толық спектрінен радиациялық индукцияланған сигналды алу үшін және оның қарқындылығын анықтау үшін арнайы компьютерлік бағдарлама қолданылған. Жоғарыда айтылғандай, ұялы телефон сигналының ЭПР сигналына әсерін зерттеу үшін радиациялық сигнал (RIS) (стандартты ауытқу (SD)) фондық сигналмен және қалдық сомамен бағаланады. Бұл параметрлер жалғыз өлшемде және орта есеппен төрт рет қайталанатын өлшем үшін алынды.

THE DEGREE OF INFLUENCE RADIATION FROM MOBILE PHONES ON THE QUALITY OF EPR SPECTRA

¹⁾ K.Sh. Zhumadilov, ²⁾ A.I. Ivannikov, ¹⁾ B.K. Abyshev, ²⁾ V.F. Stepanenko, ³⁾ M. Hoshi

¹⁾ *L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

²⁾ *MRRC named after A.F. Tsyba – a branch of the FSBI «NMRCR» of the Ministry of Health, Obninsk, Russia*

³⁾ *Hiroshima University, Hiroshima, Japan*

The results of the investigation of the effect of mobile phone radiation on the formation of electron paramagnetic resonance (EPR) spectra and electromagnetic noise on the example of measurements of dental enamel samples for the low dose range are presented. To this end, spectra of irradiated dental samples were obtained. The spectra of ten samples irradiated in nominal doses of 0, 100, 200, 300 and 500 mGy in pairs were registered at different times with and without a mobile phone. The mobile phone was located near the resonator of the EPR spectrometer. Specially software was used to extract the radiation-induced signal (RIS) from the full EPR spectrum and determine its intensity. As mentioned above to study the effect of the mobile phone signal on the EPR signal in this study, the radiation signal (RIS) (standard deviation (SD)) will be estimated by the background signal and the residual amount. These parameters were obtained for single measurements and, on average, for four repeated measurements.