

ИССЛЕДОВАНИЕ МУТАГЕННОГО ЭФФЕКТА МОДУЛИРОВАННОГО УВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА РАСТИТЕЛЬНЫХ И ЖИВОТНЫХ ОРГАНИЗМАХ IN VIVO

Д. С. Песня¹, А. В. Романовский², И. М. Прохорова¹, Т. К. Артёмова³, М. И. Ковалёва¹, А. Н. Фомичева¹, Е. С. Кондакова¹, К. М. Халютю¹, С. А. Вакорин¹

1 - факультет биологии и экологии ЯрГУ им. П. Г. Демидова, кафедра морфологии, лаборатория генетической токсикологии, 24pesnya@gmail.com

2 - ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН, лаборатория экспериментальной экологии

3 - факультет физики ЯрГУ им. П. Г. Демидова, кафедра радиофизики

Одним из актуальных направлений науки XXI века является оценка риска потенциально опасных объектов для оптимизации их функционирования, управления и моральной долговечности. Важной проблемой данного направления прикладных исследований является оценка влияния на живые объекты электромагнитного излучения (ЭМИ), в том числе радиочастотного диапазона (РЧ) как сопутствующего фактора антропогенной среды обитания и производства.

Мобильная связь, в том числе коммуникации на основе наиболее продвинутых технологий таких как WiFi, WiMax, 3G и т.д. получили глобальное распространение. Приборы на их основе используются регулярно почти каждым человеком, в том числе и детьми, ввиду очевидной пользы и необходимости в жизни. Сотовые телефоны очень быстро превратились в «жизненно важный» фактор. Но, несмотря на ежедневное использование сотовых телефонов, большинство людей не соблюдает правила гигиены при работе с ними, потому что считают информацию о вреде мифами и «байками».

Влияние данного фактора не следует недооценивать. Это источник УВЧ излучения. Последствиями могут являться не только нарушения функций, но и генетические изменения в клетках – мутации. Мутации в соматических клетках могут быть причиной онкологических и аутоагрессивных заболеваний, снижения иммунитета, преждевременного старения и т.д. Мутации в половых клетках не скажутся на здоровье человека, подвергшегося мутагенному воздействию, однако они будут переданы следующему поколению. Следствием этого могут быть различные наследственные болезни, врождённые пороки развития, снижение физического и психического здоровья [1]. Поэтому, генетические исследования представляются наиболее актуальными.

Основной целью наших экспериментов являлось изучение возможного генотоксического действия активного УВЧ излучения с использованием растительных и животных организмов и рекомендации по минимизации последствий.

В эксперименте с использованием корневых меристем *Allium* сера нами было установлено, что модулированное (в режиме разговора) излучение сотового телефона индуцирует в делящихся клетках хромосомные мутации и микроядерные мутации в не делящихся клетках [1], см. также в наст. работе приложение «Атлас мутаций»).

Зарегистрированные хромосомные мутации были представлены фрагментами и мостами, которые являются результатом грубых структурных нарушений хромосом. Кроме того отмечались отставания и потери хромосом, связанные с повреждением веретена деления. Микроядерные мутации были представлены крупными микроядрами – вследствие потери целой хромосомы, и мелкими микроядрами, образованными фрагментами хромосом [1]. Нами была обнаружена кумуляция мутагенного эффекта. Так, при ежедневной экспозиции в один час (*Allium* сера выращивался три дня – суммарное облучение 3 часа) частота мутаций повышается в 5 раз по сравнению со спонтанным (естественным) уровнем. При ежедневной трехчасовой (суммарно 9 часов) экспозиции уровень мутаций возрастал в 7 раз.

В опытах на *Drosophila melanogaster* нами было обнаружено, что ежедневное трехчасовое облучение (суммарно 9 часов) сотовым телефоном индуцирует доминантные летальные мутации в половых клетках самцов. Эти половые клетки самцы передавали самкам при спаривании. В результате самки откладывали яйца, которые не вылуплялись – личинки гибли в них на одном из этапов эмбрионального развития. Частота таких яиц превысила естественный уровень в 5 раз.

Следовательно, УВЧ-излучение сотовых телефонов представляет потенциальную опасность как для растительных, так и для животных организмов.

Физические механизмы воздействия

В современной научной литературе обсуждается ряд возможных физических механизмов воздействия УВЧ излучения на живые структуры. Согласно классическому механизму происходит нагревание тканей, что объясняют, например, зарегистрированной в экспериментах экспрессией генов теплового шока [2]. Тем не менее, в большом числе экспериментов сколько-нибудь значимого нагревания зарегистрировано не было. Поэтому как считают многие исследователи, данный эффект и другие скорее всего обусловлены нетепловым действием ЭМИ УВЧ [3-9]. Освещаются также исследования биоэффектов УВЧ излучения в экспериментах *in vivo* [9], *in vitro* [10] и эпидемиологических [11]. Ряд исследований были проведены под руководством акад. Н.Д.Девяткова и проф. О.В.Бецкого [12], где, в частности, было показано, что в ряде случаев УВЧ-облучение живого организма может иметь заметный терапевтический эффект [12].

Физические механизмы этих эффектов возможно также рассматривать с точки зрения биохимии и квантовой механики. В настоящее время активно изучается структура квантовых взаимодействий. Большой вклад в расшифровку квантовой структуры электрослабых взаимодействий внесли нобелевские лауреаты Вельтман, т`Хоофт, Вайнберг, Глэшоу, Салам и многие другие физики. Эрвином Шредингером было высказано предположение о том, что происхождение мутаций имеет квантовую природу. Согласно Шредингеру, в основе мутаций лежат «квантовые скачки» – случайные флуктуации колебательной энергии [3]. Лёвдин, разрабатывая «квантовые скачки» Шредингера, выдвинул теорию, согласно которой мутации возникают, когда при одновременном туннелировании протонов на водородных связях между парами оснований ДНК происходит их (оснований) таутомерный сдвиг. Если это событие происходит в момент репликации ДНК, то последовательность расположения оснований в новых цепях ДНК будет другой. Впоследствии это приводит к их неправильному спариванию и изменению записанной в ДНК информации. Вероятность квантовомеханического туннелирования в естественных условиях невелика, но повышается под влиянием внешних факторов, например ЭМИ [3]. Таким образом, был описан один из квантовых механизмов возникновения мутаций.

Клетка является многокомпонентной системой, поэтому изменения в ДНК могут возникать косвенно, посредством воздействия на какой-либо клеточный компонент.

Установлено, что УВЧ-излучение вызывает повышение активности ферментного комплекса NADPH-оксидазы, который локализуется на плазматической мембране [5]. Активация этого фермента приводит к увеличению продукции реактивных форм кислорода (РФК) [5]. Если образование РФК превышает нейтрализующие возможности антиоксидантной системы клетки, то это ведет к окислительному стрессу [5,8]. При окислительном стрессе гиперпродукция РФК и других радикалов приводят к нарушению структуры ДНК и РНК и возникновению хромосомных мутаций [2].

С позиций квантовой механики, можно предположить, что в данном случае происходит избирательное взаимодействие между атомами биомолекулы и квантами электромагнитного излучения с определенными характеристиками. Если энергия квантов электромагнитного излучения будет соответствовать энергии изменения квантового состояния атомов биомолекулы, то это может вызвать изменение свойств и структуры биомолекулы за счет перераспределения энергии, которое описал основатель квантовой биохимии Сент-Дьердьи [3]. Тогда возможно, например, изменение энергии активации фермента как сказано выше. Кроме того, возможны нарушения функции других компонентов клетки.

Так, установлено, что УВЧ-излучение сотового телефона повреждает микротрубочки, которые ответственны за образование веретена деления [4]. Нами зарегистрированы хромосомные мутации (отставания, потери хромосом), связанные с повреждением ахроматинового веретена.

Следует отметить, что в свете последних направлений исследований в области физических и биологических наук ответственными за генетические изменения биологического материала могут оказаться и механизмы, о которых мы едва начинаем догадываться (квантовая энтропийная логика, коллективные взаимодействия в живых системах, нелокальные взаимодействия и т.д.). Однако исследования в этих областях находятся на начальной стадии, являются чрезвычайно затратными и в наших работах не рассматривались.

Рекомендации по безопасному использованию сотовых телефонов:

В связи с тем, что современный человек по роду деятельности может находиться значительный период времени под воздействием УВЧ излучения данных устройств (до 10 часов и более), мы можем сформулировать ряд рекомендаций. Защититься от влияния излучений можно, учитывая основные принципы защиты: временем (доза), расстоянием и экранированием.

Результаты проведенных нами экспериментов показывают, что мутации индуцируются уже 1-часовой дозой воздействия. Следовательно, длительность разговора по сотовому телефону не должна достигать 1 часа в день [1]. В ряде исследований показано, что первичные изменения и нарушения, наступают уже через 5-15 мин воздействия [5,6]. Поэтому целесообразно рекомендовать продолжительность одного разговора не более 5-15 мин, а периоды между разговорами хотя бы 20-30 мин [5].

Следует учитывать фактор расстояния. Так, в одном из исследований установлено, что излучение сотового телефона вызывает в организме выраженный негативный эффект (угнетение репродуктивной функции) на расстоянии 20-30 см. Интенсивность наблюдаемых в организме изменений ослабевает на расстоянии 40-50 см от антенны телефона. Изменения перестают отмечаться на дистанции в 1 м от антенны [7]. Принцип расстояния особенно важно соблюдать пользователям 3G модемов и пользоваться USB удлинителями. Использование различных hands-free гарнитур уменьшит воздействие излучения сотовых телефонов на мозг. При этом следует не убирать телефон в карман, подвергая облучению другие части тела, а отложить на некоторое расстояние, либо пользоваться экранирующими средствами. Соблюдение принципа расстояния также обеспечит безопасность людей вокруг пользователя (расстояние до человека не менее 1 м). Это проявление вежливого отношения к окружающим.

Нами выяснено, что средства защиты, применяемые для экранирования излучения сотового телефона, могут быть эффективными. Следует проверять степень эффективности протекторных свойств каждого защитного изделия.

Многие исследования показывают, что УВЧ-излучение сотовых телефонов вызывает в клетках образование реактивных форм кислорода (свободные радикалы). В результате наступает окислительный стресс, сопровождающийся повреждением клеточных структур (мембраны, белки, ДНК). Показано, что антиоксиданты (витамины С и Е) проявляют протекторные свойства при действии излучения сотовых телефонов [8]. Поэтому рациональное питание, включающее достаточное количество овощей, фруктов, зелени и т.д., может являться эффективным способом предупреждения негативного влияния УВЧ-излучения сотовых телефонов.

Приложение: [Атлас мутаций](#) (видео в формате wmv).

[Скачать фильм](#) в формате Div X (для корректного просмотра должны быть установлены кодеки Div X версии не ниже 5-й или СССР).

Литература:

1. Песня Д.С., Романовский А.В., Прохорова И.М., Разработка методики оценки влияния сотовых телефонов и других приборов с ЭМИ РЧ на организмы *in vivo*, Ярославский Педагогический Вестник, Т. 3, № 3, 2010, с. 80-84.
2. Ruediger H.W., Genotoxic effects of RF electromagnetic, *Pathophys.*, V. 16 (2-3), 2009, pp. 89-102.
3. Matta Cherif F., *Quantum Biochemistry. Electronic Structure and Biological Activity*, WILEY-VCH, 2010, p. 920.
4. Trosić I, Pavčić I., Disturbance of cell proliferation in response to mobile phone frequency radiation, *Arh. Hig. Rada. Toksikol.*, 60(1), 2009, pp. 109-115.
5. Friedman J., Kraus S., Hauptman Yi., Schiff Yo., Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies, *Biochem. J.*, 405, 2007, pp. 559–568.
6. Panagopoulos D. J., Margaritis L. H., The effect of exposure duration on the biological activity of mobile telephony radiation, *Mutat. Res.*, 699, 2010, pp. 17–22.
7. Panagopoulos D.J., Karabarounis A., Margaritis L.H., Effect of GSM 900-MHz Mobile Phone Radiation on the Reproductive Capacity of *Drosophila melanogaster*, *Electromagn. Biol. Med.*, V. 23(1), 2004, pp. 29–43.
8. Guney M., Ozguner F., Oral B., Karahan N., Mungan T., 900 MHz radiofrequency-induced histopathologic changes and oxidative stress in rat endometrium: protection by vitamins E and C, *Toxicol. Ind. Health.*, 23(7), 2007, pp. 411-420.

9. Panagopoulos D.J., Chavdoula E.D., Nezis I.P., Margaritis L.H., Cell death induced by GSM 900MHz and DCS 1800MHz mobile telephony radiation, *Mutat. Res.*, 626, 2007, pp. 69–78.
10. Belyaev I.Y., Markova E., Hillert L., Malmgren L.O., Persson B.R., Microwaves from UMTS/GSM mobile phones induce long-lasting inhibition of 53BP1/gamma-H2AX DNA repair foci in human lymphocytes, *Bioelectromagnetics*, 30., 2009, pp. 129–141.
11. Khurana V.G., Teo C., Kundi M., Hardell L., Carlberg M., Cell phones and brain tumors: a review including the long-term epidemiologic data, *Surg. Neurol.*, 72 (3), 2009, pp. 205–214.
12. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В., Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности, М.: «Радио и связь», 1991, 169 с.