

УДК 613.648

**Бурлака Наталия Ивановна**

*кандидат биологических наук,  
доцент кафедры общей и медицинской физики  
Одесский национальный политехнический университет*

**Burlaka Nataliia**

*Candidate of Biological Sciences  
Odessa National Polytechnic University*

**Слинчак Елена Леонидовна**

*кандидат физико-математических наук,  
старший преподаватель кафедры общей и медицинской физики  
Одесский национальный политехнический университет*

**Slynchak Olena**

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences  
Odessa National Polytechnic University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-11-3955

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РЕПРОДУКТИВНУЮ ФУНКЦИЮ ЧЕЛОВЕКА

## INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION ON REPRODUCTIVE HUMAN FUNCTION

**Аннотация.** Электромагнитные поля, что образуются одноименными излучениями, принято делить на естественные, то есть те, что существуют независимо и антропогенные (возникают вследствие человеческого фактора). Воздействие на человека электромагнитных полей и излучений как природного, так и антропогенного происхождения имеет тенденцию к негативному влиянию почти на все органы и системы, а также тело в целом, хотя механизмы, не были полностью объяснены. Электромагнитные волны оказывают влияние на репродуктивную систему человека, развивающийся эмбрион, а впоследствии и плод.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, электромагнитные излучения, сотовая связь, здоровье человека.

**Summary.** Electromagnetic fields, which are formed by the same-named radiation, are usually divided into natural ones, that is, those that exist independently and anthropogenic (arise from the human factor). The human exposure to electromagnetic fields and emissions of both natural and anthropogenic origin tends to negatively affect almost all organs and systems, as well as the body as a whole, although the mechanisms have not been fully explained. Electromagnetic waves affect the human reproductive system, the developing embryo, and subsequently the fetus.

**Key words:** electromagnetic field, electromagnetic radiation, human health.

Электромагнитные поля, сопровождающие различные процессы на Земле и в Солнечной Системе, оказывают значительное влияние на биосферу Земли. Поэтому человечеству необходимо адаптироваться к стремительно изменяющимся условиям космической и земной сред обитания. Производство, передача, распределение и использование электроэнергии сопровождается воздействием на организм низкочастотных электромагнитных полей (ЭМП). В промышленно развитых

странах, особенно в городах, практически все население подвергается этому воздействию.

### Механизмы воздействия ЭМИ

Механизм действия электромагнитного излучения на живые организмы до сих пор окончательно не расшифрован. Существует несколько гипотез, объясняющих биологическое действие электромагнитного поля. В основном они сводятся к индицированию токов в тканях и непосредственному воздействию поля на клеточном уровне, в первую очередь с его

влиянием на мембранные структуры. Предполагается, что под действием электромагнитного поля может изменяться скорость диффузии через биологические мембраны, ориентация и конформация биологических макромолекул, кроме того, состояние электронной структуры свободных радикалов. По-видимому, механизмы биологического действия электромагнитного поля имеют, в основном, неспецифический характер и связаны с изменением активности регуляторных систем организма.

Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей во всех частотных диапазонах. При относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля современная теория признает тепловой механизм воздействия. При относительно низком уровне — принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия на организм. Механизмы действия ЭМП в этом случае еще мало изучены.

На биологическую реакцию влияют следующие параметры электромагнитного поля:

- интенсивность электромагнитного поля;
- частота излучения;
- продолжительность облучения;
- модуляция сигнала;
- сочетание частот электромагнитных полей;
- периодичность действия [2, с. 56–57].

**Нарушения половой функции** обычно связаны с изменением ее регуляции со стороны нервной и эндокринно-регуляторной систем, а также с резким снижением активности половых клеток. Установлено, что половая система женщин более чувствительна к электромагнитному воздействию, нежели мужская. Кроме того, чувствительность к этому воздействию эмбриона в период внутриутробного развития во много раз выше, чем материнского организма. Считается, что электромагнитные поля могут вызывать патологии развития эмбриона, воздействуя в различные стадии беременности. Также установлено, что наличие контакта женщин с электромагнитным излучением может привести к преждевременным родам и снизить скорость нормального развития плода. При этом периодами максимальной чувствительности являются ранние стадии развития зародыша, соответствующие периодам имплантации (закрепления зародыша на плацентарной ткани) и раннего органогенеза [1, с. 24–32].

**Влияние ЭМИ на мужскую репродуктивную систему.** Мужская репродуктивная система представляет собой группу тканей, очень чувствительных к внешним факторам, а сперма, которая не обладает способностью восстанавливать свой генетический материал, и по этой причине, по-видимому, уязвима для различных видов повреждений, вызванных внешними факторами. В литературе, посвященной проблеме влияния электромагнитных волн на мужские репродуктивные клетки, недвусмысленно. В качестве примера можно привести много исследова-

ний, посвященных анализу времени, посвященного разговорам сотового телефона, которые не учитывают совершенно иной стиль жизни и характер работы людей, которые чрезмерно подвержены волнам полосы GSM. В этом случае можно задать вопросом, больше ли влияют результаты полученных исследований на электромагнитные волны или характер выполненной работы или, возможно, связанный с работой стресс. Второй тип отчетов основан на анализе воздействия спермы на определенные частоты вне человеческого тела, что исключает влияние других факторов; однако они не имитируют *in vivo* условия [10, с. 13–18].

На основании исследований, проведенных Agarwal и др., известно, что ЭМИ вызывает окислительный стресс и вызывает нарушения в митохондриях спермы и активацию NADH-оксидазы клеточной мембраны [3, с. 1318–1325]. Окислительный стресс также подвергает сперму потере подвижности и способности сочетаться с яйцеклеткой.

Гомеостаз окислительно-восстановительной системы, которая нарушается электромагнитными волнами, а также функция ионных каналов, несут совместную ответственность за процесс гиперактивации сперматозоидов. Сперма человека, чтобы получить возможность оплодотворения яйцеклетки, подвержена многим метаболическим изменениям, касающимся в основном клеточной мембраны. Этот процесс описывается как капацитация и происходит в женском половом тракте. В результате капацитации сперматозоиды обладают способностью взаимодействовать со структурами коронарных рентгеновских лучей, а затем с зонной пеллюцидой овулированного ооцита. В результате капацитации происходит изменение пути и движения гамет, состоящее в увеличении амплитуды и кривизны биения жгутика и индукции усиленной силы пролета, описываемой как состояние гиперактивной подвижности [7, с. 148–157]. Гиперактивация сперматозоидов заключается в изменении способа их движения от симметричных тонких движений до асимметричного жгутикового биения. Этот процесс необходим для перехода сперматозоида через зону пеллюциды яйцеклетки и оплодотворение. Преждевременная капацитация, происходящая еще в семенной плазме, вызывает энергетическое истощение спермы и снижает вероятность оплодотворения. Гомеостаз, поддерживаемый в окислительно-восстановительной системе, является фактором, ответственным за соответствующий момент для капацитации [9, с. 227–230]. Переход этого баланса в одну сторону приводит к повреждению спермы, тогда как переход к противоположной стороне может вызвать преждевременную капацитацию [4, с. 865–868].

**Влияние ЭМИ на женскую репродуктивную систему и беременность.** В случае женской репродуктивной системы электромагнитные волны оказывают влияние, аналогичное эффекту мужской репродуктивной системы. Генерация окислительного стресса влияет на функцию ионных каналов и структуру

белков и, по-видимому, является основными патомеханизмами влияния ЭМИ на ооцит, эмбрион и окружающую среду, в которых они развиваются. Тепловой эффект электромагнитных волн, по-видимому, важен для функционирования мужских яичек; однако это опускается в случае яичников.

Учитывая технические и биоэтические ограничения, связанные с получением ооцита, имеющиеся сообщения о влиянии ЭМИ на его функции в основном основаны на моделях животных. Gul et al., При облучении самки крыс частотой 900 МГц, наблюдалось уменьшение количества продуцируемых овуляторных фолликулов [5, с. 729–733]. Во время исследований, проведенных на ооцитах крыс, Roshangar L. et al. продемонстрировал, что ооциты в группе, подвергшейся воздействию ЭМИ, показали сокращение ядра, а их зона пеллусида казалась более тонкой по сравнению с ооцитами из контрольной группы [8, с. 76]. Количество микроворсинок было значительно уменьшено, в их цитоплазме наблюдались капли липидов, а клеточные органеллы были рассеяны. В гранулированных клетках и клетках рентгеновских лучей короны, собранных у крыс, подвергнутых контакту с волнами, наблюдались признаки апоптоза, такие как: конденсация ядра, маргинализация хроматина и расширение ядерной мембраны. Основные морфологические изменения, обнаруженные в гранулированных клетках, заключались в их сокращении, атрофии микроворсинок и атрофии или конденсации кристаллов. Mailhes J. V. et al. также заметил, что размещение мышинового ооцита в электромагнитном поле вызывает размножение двойной системы хромосом [6, с. 347–351].

Результаты исследований, подтверждающих положительное влияние электромагнитных волн, вызывают надежду на применение этих изобретений в лечении бесплодия у людей; однако долговременный эффект этого типа энергии потребует тщательных исследований, касающихся, в частности, возможных эпигенетических эффектов, обнаруженных только в будущих поколениях.

**Выводы.** В настоящее время опасное, нейтральное или благоприятное воздействие электромагнитных волн на репродуктивные способности человека не может быть обобщено. Можно ожидать, что есть дозы энергии, которые оказывают нейтральный или положительный эффект, и только их превышение может вызвать опасные последствия. Существующие научные доклады не дают достаточных доказательств для выражения окончательных комментариев относительно количества и формы энергии, передаваемой в виде электромагнитной волны, которая создает риск для человека. Поэтому более важно проводить исследования, отслеживающие значение интенсивности полей, и выполнять численные анализы поглощения энергии.

Модели исследований, проводимых на животных, не могут быть напрямую связаны с людьми, поскольку клеточные мембраны репродуктивных тканей являются разновидностями. Несмотря на это, как в случае исследований, касающихся людей и животных, наблюдается явление более высокой вероятности возникновения различных видов риска для здоровья с воздействием все более высоких частот электромагнитных волн.

#### Литература

1. Бурлака Н. И., Гоженко С. С. Электромагнитное поле, его виды, характеристики, классификация и влияние на здоровье населения / Н. И. Бурлака, С. С. Гоженко // Актуальные проблемы транспортной медицины. — 2010. — № 4 (2). — С. 24–32.
2. Дунаев В. Н. Электромагнитные излучения и риск популяционному здоровью при использовании средств сотовой связи» / В. Н. Дунаев // Гигиена и санитария, № 6, 2007, с. 56–57.
3. Agarwal A, Desai NR, Makker K, et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study / A. Agarwal, NR Desai, K. Makker, et al. // Fertil Steril. 2009; 92(4): 1318–25.
4. Bojar I, Witzczak M, Wdowiak A. Biological and environmental conditionings for a sperm DNA fragmentation / I. Bojar, M. Witzczak, A. Wdowiak // Ann Agric Environ Med. 2013; 20(4): 865–8.
5. Gul A, Celebi H, Uğraş S. The effects of microwave emitted by cellular phones on ovarian follicles in rats / A. Gul, H. Celebi, S. Uğraş // Arch Gynecol Obstet. 2009; 280(5): 729–33.
6. Mailhes JB, Young D, Marino AA, London SN. Electromagnetic fields enhance chemically-induced hyperploidy in mammalian oocytes / JB. Mailhes, D. Young, AA. Marino, SN. London // Mutagenesis. 1997; 12(5): 347–51.
7. Makker K, Varghese A, Desai NR, Mouradi R, Agarwal A. Cell phones: modern man's nemesis / K. Makker, A. Varghese, N. R. Desa, R. Mouradi, A. Agarwal // Reprod Biomed Online. 2009; 18(1): 148–57.
8. Roshangar L, Hamdi BA, Khaki AA, Rad JS, Soleimani-Rad S. Effect of low-frequency electromagnetic field exposure on oocyte differentiation and follicular development / L. Roshangar, BA. Hamdi, AA. Khaki, JS. Rad, S. Soleimani-Rad // Adv Biomed Res. 2014; 3: 76.
9. Szkodziak P, Wozniak S, Czuczwar P, Wozniakowska E, Milart P, Mroczkowski A, Paszkowski T. Infertility in the light of new scientific reports — focus on male factor / P. Szkodziak, S. Wozniak, P. Czuczwar, E. Wozniakowska, P. Milart, A. Mroczkowski, T. Paszkowski // Ann Agric Environ Med. 2016; 23(2): 227–30.
10. Wdowiak A, Mazurek PA, Wdowiak A, Bojar I. Effect of electromagnetic waves on human reproduction / A. Wdowiak, P. A. Mazurek, A. Wdowiak, I. Bojar // Ann Agric Environ Med. 2017; 24(1): 13–18.