

**Сухов Виталий Александрович**

ассистент

**Фирсова Ирина Олеговна**

студентка

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный  
медицинский университет имени И.М. Сеченова  
Министерства здравоохранения Российской Федерации  
(Сеченовский Университет)»  
г. Москва

DOI 10.31483/r-98651

## **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ И ЧЕЛОВЕКА**

***Аннотация:** в статье приведён обзор литературы, посвященной биофизическим аспектам взаимодействия электромагнитного излучения и формирования электромагнитной чувствительности. Анализ литературы показал, что некоторые электромагнитные поля представляют потенциальную угрозу для здоровья людей и являются не менее существенным климатическим фактором, чем температура, давление и влажность, оказывая влияние на процессы жизнедеятельности живых организмов.*

***Ключевые слова:** электромагнитное излучение, здоровье, экология, электромагнитная чувствительность.*

Являясь первичным длительно существующим экологическим фактором, естественное магнитное поле Земли на протяжении миллиардов лет оказывает воздействие на становление, состояние и динамику экосистем. Воздействие техногенных электромагнитных полей (ЭМП) на экосистемы сравнимо с естественными, а в некоторых случаях превосходит их.

Таким образом, можно говорить об электромагнитном загрязнении окружающей среды. Данное влияние остается одним из наименее изученных на сегодня факторов, по причине, в т.ч. серьезного финансирования исследований.

Нами был проведён анализ зарубежных и отечественных научных публикаций, посвященных оценке «электромагнитной чувствительности» разных живых организмов и человека.

Электромагнитные поля – это особая форма существования материи, характеризующаяся совокупностью электрических и магнитных свойств. Некоторые физические характеристики и закономерности электрического и магнитных полей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика некоторых показателей электрического и магнитного полей

Показатель	Электрическое поле	Магнитное поле
Возникновение	при наличии напряжения	при наличии тока
Единицы измерения силы	в вольтах на метр (В/м)	в амперах на метр (А/м) или «родственный» показатель – единицу измерения индукции магнитного поля (микро-тесла – мкТл или миллитесла – мТл).
Основные закономерности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- электрическое поле существует даже при выключенном приборе.</li> <li>- сила поля уменьшается по мере удаления от источника;</li> <li>- большинство строительных материалов в какой-то мере защищают от электрических полей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- магнитное поле возникает при включении прибора и наличии тока;</li> <li>- сила поля уменьшается по мере удаления от источника поля;</li> <li>- большинство материалов не могут ослабить магнитное поле</li> </ul>

Интерес исследователей к экологическому значению естественных электромагнитных полей вызван тем, что экспериментальные наблюдения дают основания считать, что естественный фон Земли является необходимым эволюционно сложившимся условием для нормальной жизнедеятельности биологических систем. Живые организмы не могут нормально функционировать без естественных ЭМП.

Впервые отметили чувствительность к ЭМП и системной реакции человека на хроническое низкоинтенсивное радиочастотное облучение советские исследователи-медики в 1950-х годах, когда были обнаружены нетепловые радиочастотные эффекты у радио- и радиолокационных техников [2].

Отечественные учёные в своих работах в XX в. определили, что такие фундаментальные биологические процессы, как фотосинтез, фототаксис, фотопериодизм, зрение, радиационный мутагенез и др. в своей физической основе представляют особые случаи взаимодействия излучений с биологическими структурами (Кудряшов, 1982). Более того, установлена тесная корреляция между динамикой геомагнитных возмущений и дисфункцией живых организмов (Музалевская, 1973; Новикова и др., 1968; Чижевский, 1973).

Широкое распространение антропогенных источников ЭМП, их постепенное проникновение во все сферы деятельности человека привели к появлению сравнительно нового комплекса загрязнителей, получившего название «электромагнитный смог (шум)», под которым понимают совокупность электромагнитных полей и различных радиоизлучений, возникающих во время работы сложного электронного промышленного или бытового оборудования.

Примеры искусственных ЭМП в радиочастотном диапазоне в окружающей среде включают мобильные телефоны, антенны и станции 2G, 3G, 4G, телекоммуникационные системы и устройства, радиорелейную связь, беспроводные сети (типа DECT), ноутбуки, планшеты, электронные книги, беспроводные интернет-сети (Wi-Fi), беспроводные локальные сети (LAN), видеодисплеи, радио, телевидение, беспроводные игровые приставки и беспроводные счетчики расхода воды и газа и т. д.. Технология 5G в настоящее время находится в стадии разработки и потенциально войдёт в этот перечень. Источниками воздействия низкочастотных электромагнитных полей являются линии электропередач высокого напряжения, электрические провода, люминесцентные лампы и фотокопировальные машины. В 2008–2009 годах было описано, что современное воздействие ЭМП в 10–15 раз превышает естественное магнитное поле Земли. В частности, в диапазоне частот 1 ГГц, подверженность воздействию увеличилась примерно в 1018 раз от естественного уровня [13].

В таблице 2 нами собраны биологические процессы, органы и (или) ткани «мишени» живых организмов (выборочно), воздействие на которых ЭМП приводит к формированию электромагнитной чувствительности живого организма.

Сравнительная характеристика некоторых показателей  
электрического и магнитного полей

Орган (ткань) мишень, процесс	Физические ха- рактеристики	Экспозиция	Электромагнитная чувстви- тельность (процесс, функция, струк- тура)
Сперматогенез у мышей	RF-ЕМЕ (905 МГц, 2,2 Вт / кг)	воздействие в течение 12 ча- сов в день в те- чение 1, 3 или 5 недель	- на 1 неделе воздействия повы- шенную выработку в митохон- дриях активных форм кислорода с повышенным окислением и фраг- ментацией ДНК во все периоды воздействия; - на 5 неделе воздействия RF-ЕМЕ отрицательно повлияли на про- фили жизнеспособности и по- движности зрелых сперматозоидов придатка яичка. - в целом не ухудшило способ- ность сперматозоидов к оплодо- творению и влияние на раннее эм- бриональное развитие [13]
Болевая темпера- турная чувстви- тельность (ре- цептор NMDA) у крыс	RF-ЕМЕ 0 (фик- тивное), 1,5 или 6 Вт / кг	в течение че- тырех недель (пять раз в не- делю) в огра- ниченном про- странстве	Болевая температурная чувстви- тельность выросла на 40% по срав- нению с группой контроля [8]
Рост и содержа- ние микроэде- ментов у Элодеи канадской	EF 54 кВ / м	в течение 7 дней	Измеряли длину растений и опре- деляли содержание Fe, Mn, Ni, Pb и Zn с помощью атомно-абсорбци- онной спектроскопии (ААС). Ре- зультаты показали, что приложе- ние электрического поля немного увеличивало рост побегов. Содер- жание Mn и Ni было значительно ниже, а Pb и Zn значительно выше у растений, подвергшихся воздей- ствию электрического поля, в то время как содержание Fe не разли- чалось между контролем и обра- боткой [6]

Медицинская сторона экологического значения для человека искусствен-  
ных ЭМП прежде всего сосредоточено на выявлении этиологии «электромагнит-  
ной чувствительности (ЭМЧ)». Однако, на сегодняшний день по данным двой-

ного слепого исследования и в лабораторных условиях люди, страдающие гиперчувствительностью, статистически значимо не различали реальное и мнимое воздействие ЭМП, будь то субъективная оценка или физиологические изменения [10; 11].

После анализа существующей литературы можно выделить следующие гипотезы появления ЭМЧ:

- электромагнитная гипотеза («болевая гипотеза»), связывающая ЭМЧ с воздействием ЭМП;
- когнитивная гипотеза, предполагающая, что ЭМЧ является результатом ноцебо-эффекта, из-за предубеждения о вредности ЭМП;
- атрибутивная гипотеза, рассматривающая ЭМЧ, как постфактумное объяснение необъяснимых симптомов с точки зрения медицины [4].

На сегодняшний день исследователи неоднократно предпринимали попытки объективно описать клиническую картину или этиологию ЭМЧ. Более десятка исследований были сосредоточены на симптомах, о которых сообщали люди, которые сами отмечали гиперчувствительность к ЭМП: головной боли, усталости, стрессе, нарушении сна, нарушении кратковременной памяти, раздражительности, эмоциональной лабильности и беспокойстве, тошноте, боли в груди, сердцебиении, одышке, мышечных болях, снижении либидо, снижении аппетита и кожных реакциях. Перечисленные симптомы являются субъективными, неспецифическими и широко распространенными среди здорового населения, что позволяет некоторым исследователям говорить о невозможности охарактеризовать ЭМЧ или отличить его от других функциональных соматических синдромов [3].

Другие исследователи утверждают, что в целом, хотя многие из этих симптомы рассматриваются как неспецифические, общая клиническая картина, их частота и наличие некоторых симптомов у членов семьи свидетельствуют о том, что ЭМЧ может быть идентифицирована как типичное неврологическое расстройство [1].

Исследования указывают на возможность объективно идентифицировать ЭМЧ путем обнаружения биомаркеров, а также физиологических изменений. К объективным изменениям относятся нарушения мозгового кровотока, метаболизма глюкозы, который можно продемонстрировать с помощью изображений позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ), повышение С-реактивного белка гистамина и иммуноглобулина Е у пациентов без доказанной аллергии, обнаружение аутоантител против О-миелина [13].

Критика подобных исследований опирается на ограниченные размеры выборки, которые препятствуют обобщению результатов; на набор субъектов через активистов ЭМЧ, который мог вызвать предвзятость в сторону тяжелой формы; на предвзятость воспоминаний и восприятия; на декларативные данные о физическом и психическом здоровье субъектов, которые не позволяют строго оценить соматические и психические факторы [3].

Электромагнитная чувствительность у человека может ассоциироваться с множественной чувствительностью к химическим веществам (Multiple Chemical Sensitivity – MCS). ЭМЧ и MCS характеризуются общей сходной клинической картиной и схожими физиологическими изменениями. Это позволяет некоторым исследователям предположить, что электромагнитная гиперчувствительность и множественная чувствительность к химическим веществам являются частью истинного единого патологического неврологического расстройства, возникающее в результате комплексного физиопатологического механизма [1].

### Заключение

Электромагнитная гиперчувствительность (ЭМГЧ) представляет собой клиническое состояние, характеризующееся широким спектром неспецифических симптомов, которые обычно возникают после воздействия на человека электромагнитных полей (ЭМП) из окружающей среды.

В современном мире невозможно не быть подверженным воздействию электромагнитного излучения, поэтому изучение потенциального влияния ЭМП на человека имеет большое значение. Актуальность изучения электромагнитного

излучения также обоснована присвоением в 2002 и 2013 годах ВОЗ к чрезвычайно низким частотам и радиочастотам группы IIВ (потенциальные канцерогены). Следовательно, даже нечастые и неподтверждённые случаи негативного влияния ЭМП требуют дополнительного, более пристального изучения.

### *Список литературы*

1. Belpomme D, Irigaray P. Electrohypersensitivity as a Newly Identified and Characterized Neurologic Pathological Disorder: How to Diagnose, Treat, and Prevent It. *Int J Mol Sci*. 2020 Mar 11;21(6):1915.
2. Carpenter DO. The microwave syndrome or electro-hypersensitivity: historical background. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):217–22.
3. Dieudonné M. Becoming electro-hypersensitive: A replication study. *Bioelectromagnetics*. 2019 Apr;40(3):188–200. doi: 10.1002/bem.22180. PMID: 30920673.
4. Dieudonné M. Electromagnetic hypersensitivity: a critical review of explanatory hypotheses. *Environ Health*. 2020 May 6;19(1):48. doi: 10.1186/s12940-020-00602-0. PMID: 32375774; PMCID: PMC7201940.
5. Houston BJ, Nixon B, McEwan KE, Martin JH, King BV, Aitken RJ, De Iuliis GN. Whole-body exposures to radiofrequency-electromagnetic energy can cause DNA damage in mouse spermatozoa via an oxidative mechanism. *Sci Rep*. 2019 Nov 25;9(1)(3).
6. Klink A, Polechonska L, Dambiec M, Bienkowski P, Klink J, Salamacha Z. The influence of an electric field on growth and trace metal content in aquatic plants. *Int J Phytoremediation*. 2019;21(3):246–250.
7. Mild, K.H.; Repacholi, M.; van Deventer, E.; Ravazzani, P. (Eds.) Electromagnetic hypersensitivity. In *Proceedings of the WHO International Seminar and Working Group Meeting on EMF Hypersensitivity*, Prague, Czech Republic, 25–27 October 2004; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2006. – p. 138 ISBN 92-4-159412-8.
8. Ouadah NS, Blazy K, Villégier AS. Effect of Radiofrequency Electromagnetic Fields on Thermal Sensitivity in the Rat. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Oct

18;17(20):7563. doi: 10.3390/ijerph17207563. PMID: 33080941; PMCID: PMC7589172.

9. Rea, W.J.; Pan, Y.; Fenyves, E.F.; Sujisawa, I.; Suyama, H.; Samadi, N.; Ross, G.H. Electromagnetic field sensitivity. *J. Bioelectricity* 1991, 10, 214–256.

10. Rubin G.J., Hillert L., Nieto-Hernandez R., van Rongen E., Oftedal G. Do people with idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields display physiological effects when exposed to electromagnetic fields? A systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*. 2011 Dec;32(8):593–609.

11. Rubin G.J., Nieto-Hernandez R., Wessely S. Idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (formerly 'electromagnetic hypersensitivity'): An updated systematic review of provocation studies. *Bioelectromagnetics*. 2010 Jan;31(1):1–11.

12. Santini R.; Seigne M.; Bonhomme-Faivre L.; Bouffet S.; Defrasme E.; Sage M. Symptoms experienced by users of digital cellular phones: A study of a French engineering school. *Electromagn. Biol. Med.* 2002, 21, 81–88, Santini, R.; Santini, P.; LeRuz, P.; Danze, J.M.; Seigne, M. Survey study of people living in the vicinity of cellular phone base stations. *Electromagn. Biol. Med.* 2003, 22, 41–49.

13. Stein Y, Udasin IG. Electromagnetic hypersensitivity (EHS, microwave syndrome) – Review of mechanisms. *Environ Res.* 2020 Jul;186:109445.