

Д.Р. БОЙКИН, студент гр. Э-24 (АлтГТУ)

И.А. ПАВЛИЧЕНКО, аспирант (АлтГТУ)

Научный руководитель И.В. БЕЛИЦИН, к.т.н., доцент (АлтГТУ)

г. Барнаул

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПО- ЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ ОТ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Введение: широкомасштабная электрификация, являющаяся основой современной цивилизации, привела к повсеместному распространению источников электромагнитных полей промышленной частоты (ЭМП ПЧ) – 50 Гц в России и странах СНГ, 60 Гц в Северной Америке. К таким источникам относятся линии электропередачи (ЛЭП), трансформаторные подстанции, бытовая и офисная электротехника. Вопрос о потенциальном влиянии ЭМП ПЧ на здоровье человека остается актуальным на протяжении нескольких десятилетий, вызывая значительный интерес как в научной среде, так и среди широкой общественности. Цель данного обзора – систематизировать современные представления о биологических эффектах ЭМП ПЧ и оценить связанные с ними риски для здоровья.

Физические характеристики и механизмы взаимодействия ЭМП ПЧ относятся к крайне низкочастотным полям и характеризуются длиной волны, значительно превышающей размеры человеческого тела, что исключает резонансные эффекты. Основным механизмом взаимодействия ЭМП ПЧ с биологическими тканями является индукция электрических токов и полей внутри организма [1]. Сила этих индуцированных токов пропорциональна напряженности внешнего магнитного поля и его частоте.

При низких уровнях воздействия индуцированные токи, как правило, слишком слабы, чтобы вызвать прямые эффекты, такие как нагрев тканей или стимуляция нервов и мышц. Пороговые значения для таких острых эффектов установлены на уровне примерно 100 мТл для магнитного поля [2]. При типичных уровнях облучения населения (0,01–0,2 мкТл в жилых помещениях, до нескольких мкТл вблизи ЛЭП) индуцированные токи на порядки ниже физиологически значимых порогов. Это породило гипотезы о возможных «слабых» или «нетепловых» эффектах, включая нарушение метаболизма, окислительный стресс и влияние на ионные каналы клеточных мембран, однако убедительных доказательств их на сегодняшний день недостаточно [3].

Население подвергается воздействию ЭМП ПЧ в быту (электропроводка, бытовые приборы) и в окружающей среде (ЛЭП, трансформаторные

подстанции). Уровень магнитного поля от бытовых приборов быстро снижается с расстоянием и значим лишь при непосредственном и длительном контакте. Наиболее высокие и продолжительные уровни экспозиции отмечаются у людей, проживающих в непосредственной близости от ЛЭП высокого напряжения, а также у работников электроэнергетической отрасли (электромонтеры, сварщики).

Наибольшее количество исследований посвящено связи между воздействием ЭМП ПЧ и развитием детской лейкемии. Мета-анализы крупных эпидемиологических исследований показали статистически значимое увеличение относительного риска (1,5–2,0) развития острой лейкемии у детей, постоянно проживающих в домах со средним уровнем магнитного поля выше 0,3–0,4 мкТл [4]. Несмотря на статистическую значимость, причинно-следственная связь остается под вопросом ввиду отсутствия выявленного биологического механизма и возможного влияния смешивающихся факторов. Для взрослого населения и в отношении других форм рака (опухоли мозга, рак молочной железы) убедительных доказательств связи с ЭМП ПЧ не получено [5].

Исследования влияния на центральную нервную систему носят противоречивый характер. Часть работ сообщает о субъективных симптомах (головная боль, утомляемость, нарушения сна) у лиц, проживающих вблизи ЛЭП, однако эти данные трудно отделить от эффекта беспокойства [6]. Лабораторные исследования не выявили устойчивого влияния кратковременного воздействия ЭМП ПЧ в пределах нормативов на когнитивные функции (память, внимание, время реакции).

Данные о влиянии на репродуктивную систему ограничены и неубедительны. Некоторые исследования указывают на возможное увеличение риска выкидышей или неблагоприятных исходов беременности при высоких уровнях экспозиции (профессиональной), однако систематического подтверждения эти данные не нашли [7].

Гигиеническое нормирование ЭМП ПЧ основано на принципе предотвращения установленных острых эффектов. В России действуют санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21, которые устанавливают предельно допустимые уровни напряженности электрического и магнитного поля для населения и персонала. Например, для жилых помещений предельный уровень магнитной индукции установлен на уровне 5 мкТл (50 Гц) [8]. Аналогичные нормативы существуют и в других странах (ICNIRP, IEEE).

Заключение: проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы: Прямое повреждающее действие ЭМП ПЧ низкой интенсивности (на уровне нормативов для населения) на организм человека маловероятно ввиду недостаточной силы индуцированных токов. Эпидемиологические данные указывают на статистическую связь между длительным прожива-

нием в условиях повышенного магнитного поля ($>0,3-0,4$ мкТл) и риском детской лейкемии, однако биологический механизм этой связи не установлен, что не позволяет говорить о причинно-следственном характере. Данные о влиянии ЭМП ПЧ на нервную, репродуктивную и другие системы организма остаются противоречивыми и недостаточно подтвержденными. Существующая система гигиенического нормирования, обеспечивает достаточный уровень защиты здоровья населения от установленных рисков.

Таким образом, на современном этапе научных знаний нет оснований для панических настроений в отношении ЭМП ПЧ бытового уровня. В то же время, оправдано проведение дальнейших исследований, направленных на выявление потенциальных биологических механизмов «слабых» эффектов и уточнение долгосрочных последствий хронической экспозиции.

Список литературы:

1. WHO. Extremely Low Frequency Fields. Environmental Health Criteria Monograph No.238, Geneva: World Health Organization; 2007 [Электронный ресурс] – С. 1-347. – URL : <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/EHC238ELF.pdf> (дата обращения : 25.10.2025).
2. ICNIRP. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz to 100 kHz). Health Phys, 2010 – С. 4-8 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf> (дата обращения : 25.10.2025).
3. Henshaw, DL, Reiter, RJ. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? // Bioelectromagnetics, 2005. – Suppl 7:S86-S97. [Электронный ресурс] – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16059923/> (дата обращения : 25.10.2025).
4. Ahlbom, A, Day, N, Feychtig, M, et al. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia // Br J Cancer, 2000. – 83(5):692-8 [Электронный ресурс] – URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10944614/> (дата обращения : 25.10.2025).
5. Kheifets, L, Ahlbom, A, Crespi, CM, et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia // Br J Cancer, 2010. – 103(7): 1128-35 [Электронный ресурс]. – URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20877339/> (дата обращения : 25.10.2025).
6. Röösli, M. Radiofrequency electromagnetic field exposure and non-specific symptoms of ill health: a systematic review // Environ Res, 2008. – 107(2):277-87 [Электронный ресурс] – URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18359015/> (дата обращения : 25.10.2025).
7. Li, DK, Chen, H, Odouli, R. Maternal exposure to magnetic fields during pregnancy in relation to the risk of asthma in offspring // Arch Pediatr Ado-

**VIII Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

208-4

21-22 ноября 2025 г.

lesc Med, 2011. – 165(10): 945-50. [Электронный ресурс] – URL : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21810627/> (дата обращения : 25.10.2025).

8. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс] – URL : <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения : 25.10.2025)

Информация об авторах:

Бойкин Дмитрий Романович, студент гр. Э-24, АлтГТУ, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46, boykin.dmitriy.123@mail.ru

Павличенко Илья Александрович, аспирант, АлтГТУ, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46

Белицин Игорь Владимирович, к.т.н., доцент, АлтГТУ, 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, д. 46, epp@altgtu.ru