

УДК 57.045

ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ

Лифанова Р. З.¹ аспирант, Орлова В. С.¹ - д. б. н., проф. каф. системной экологии, Сабирзянова Л. И.² - асс. каф. фармакологии и токсикологии (¹Экологический факультет РУДН, ²ФГБОУ ВО СПбГАВМ)

Ключевые слова: обзор, электромагнитное излучение (ЭМИ) низкой интенсивности, биохимическая активность, мембранная проницаемость, рост клеток, иммунный статус.
Key words: review, low-intensity electromagnetic radiation, biochemical activity, membrane permeability, cell growth, immune status.

РЕФЕРАТ



Представлен обзор работ по исследованию влияния облучения различных видов биологических объектов ЭМИ низкой интенсивности. В этом исследовании проведен анализ данных, полученных из 24 научных публикаций, описывающих экспериментальные наблюдения с целью выявления физиологических и морфологических изменений в живых организмах под влиянием электромагнитного излучения низкой интенсивности. Рассмотрение литературных данных о биологических эффектах ЭМИ на живые системы может помочь конкретизировать наши представления о возможных путях восприятия живыми организмами этого вида излучения и определить направление дальнейших исследований в этой области.

ВВЕДЕНИЕ

Низкочастотные электромагнитные поля генерируются всеми электрическими средствами, включая линии электропередач, распределительные линии и электроприборы. Также имеются источники данного излучения естественного происхождения. Существует обеспокоенность относительно того, оказывает ли ЭМИ низкой интенсивности воздействие на здоровье населения. За последние десятилетия было проведено значительное количество исследований на эту тему, но последствия для здоровья рассматриваемого фактора все еще остаются неоднозначными.

Эффекты ЭМИ на биологические системы зависят от его параметров, от природы объектов, на которые оно влияет.

Известны работы по изучению влияния ЭМИ низкой интенсивности на растения, лабораторных животных и человека.

Влияние ЭМИ низкой интенсивности на всхожесть семян

В работе авторов [24] изучено действие ЭМИ на всхожесть семян ячменя в период замачивания их в растворах солей и их дальнейший рост. Обработка семян ЭМИ частотой 24 и 50 Гц приводит к незначительному увеличению всхожести. При 8 и 32 Гц эффектов не наблюдалось. Наблюдается упадок продольного роста при частотах 16 и 24 Гц, а при 40 и 50 Гц – активизация. Авторы заключают, что ЭМИ оказывает магнитобиологические эффекты.

При оценке влияния ЭМИ на всхожесть и энергию прорастания, силу начального роста и жизнеспособность семян, высоту, длину корней, массу растений яровой пшеницы установлено, что воздействие на семена ЭМИ низкой частоты при уборке приводит к повышению вышеперечисленных показателей [18].

Нейронные эффекты ЭМИ

Несмотря на то, что нейронные эффекты ЭМП были предметом значительного числа исследований, результаты

неоднозначны, так как различные протоколы воздействия были применены к различным препаратам или животным.

При изучении нейронных эффектов ЭМИ (0,475 до 9,8 ГГц, 30 мкВт/см²) на крысах Вистар с предварительно подготовленной нервной системой (обучение теста в камере Сидмана) обнаружен психодепрессивный эффект рассматриваемого фактора при частоте 9,8 ГГц [20]. Установлена зависимость отклика биологического объекта на ЭМИ от уровня подготовки ЦНС и типа высшей нервной деятельности.

В экспериментах на мышах и крысах Вистар при исследовании влияния ЭМИ низкой интенсивности (10-1000 мкВт/см²) в диапазоне 0,5-8,0 ГГц на адаптивное поведение животных и реактивность ЦНС выявлены достоверные эффекты воздействия ЭМИ на ЦНС [21]. Выводы сделаны на основании ухудшения способности к обучению в лабиринте и в «реакции избегания», нарушения закрепления приобретаемых навыков, ухудшения долговременной памяти, изменения структуры исследовательского поведения, повышение реактивности к наркотическим веществам.

Авторами [14] было предпринято исследование для изучения нейропротекторных эффектов ЭМИ на крысах линии Вистар, у которых экспериментально моделировали болезнь Гентингтона введением 3-нитропропионовой кислотой (3NP). Были оценены поведенческие характеристики и изменения в нейротрофическом факторе, контролировались уровни повреждения клеток и биомаркеров окислительного стресса. Крысам давали 3NP в течение четырех дней (20 мг / кг массы тела), тогда как ЭМИ (60 Гц и 0,7 мТл) применяли в течение 21 дня, начиная с последней инъекции 3NP. Крысы, получавшие 3NP, демонстрировали значительно различное поведение в тесте открытого поля и тесте принудительного плавания и демонстрировали значительные различия в уровнях нейротрофического фактора и уровнях биомаркеров окислительного стресса. ЭМИ улучшало

неврологические показатели, повышало уровни нейротрофических факторов и уменьшало как окислительное повреждение, так и потерю нейронов у крыс, получавших 3NP. Авторы сделали вывод, что ЭМИ указанного диапазона облегчает 3NP-индуцированное повреждение головного мозга и предотвращает потерю нейронов в полосатом теле мозга крысы, демонстрируя тем самым значительный потенциал в качестве терапевтического средства.

В серии экспериментов для изучения влияния на синаптическую эффективность в центральной нервной системе крысы или вырезанные срезы головного мозга крыс подвергались воздействию ЭМП контрольного уровня интенсивности (250-500 мкТ, 50 Гц) [16]. Электрофизиологическое исследование проводилось *ex vivo* на неокортикальных и гиппокампальных срезах; были проверены основные синаптические функции, краткосрочная и долгосрочная пластичность и судорожная восприимчивость. Наиболее выраженным эффектом было уменьшение основной синаптической активности в срезах, обработанных непосредственно *ex vivo*, что наблюдалось как уменьшение амплитуды вызванных потенциалов. С другой стороны, после воздействия на все тело также наблюдалось усиление кратковременного и долгосрочного синаптического облегчения в срезах гиппокампа и повышение восприимчивости к судорогам в неокортикальных срезах.

В опытах влияния острого, подострого и длительного воздействия магнитных полей с частотой 50 Гц, 0,1 мТл на порог индукции приступа у 64 мышей исследователи выявили положительный эффект [7]. Мыши были разделены на четыре группы. Продолжительность воздействия ЭМИ была следующей: первая группа – 1 день (острый), вторая группа – 3 дня (подострый), третья группа – 2 недели (подострый), четвертая группа – 1 месяц (длительный срок). После воздействия мышам вводили пентилентетразол (PTZ), чтобы вызвать приступ, и измеряют необходимую дозу для порога индукции при-

ступа. При остром воздействии порог индукции судорог в группах, подвергшихся воздействию и ложному воздействию, составлял 44,25 и 46,5 мг соответственно, тогда как разница была незначительной (значение $p = 0,5$). При подострых воздействиях (3 дня) среднее количество лекарственного средства, вызывающего приступ, составляло 47,38 мг в подверженных воздействию и 43,88 мг в интактных группах, однако разница не была значительной (значение $p = 0,3$). Результаты составили 52,38 и 46,75 мг после 2 недель воздействия, которые также существенно не отличались (значение $p = 0,2$). После 1 месяца воздействия ЭМИ порог индукции судорог был значительно повышен (значение $p < 0,05$). Средняя дозировка для индукции судорог в группе, подвергшейся воздействию, и в контрольной группе составила 54,3 и 45,75 мг соответственно. Однако, принимая во внимание значение p , разница в пороговом значении индукции приступа между группами, подвергшимися воздействию и ложному воздействию, после острого и подострого воздействия была незначительной, анализ эффектов острого, подострого и длительного воздействия полностью указывает на то, что увеличение времени воздействия увеличивает порог индукции судорог.

Воздействия ЭМИ на мышцы

При исследовании потенциального влияния магнитного поля (50 Гц, 10 мТл) на энергетическое состояние скелетных мышц крыс не установлено существенного влияния рассматриваемого фактора на данный показатель [13]. Одну группу подопытных животных подвергали воздействию в течение 1 часа 2 раза в неделю на протяжении 3 месяцев, другую – в течение 1,5 часов (и соответствующие контрольные группы). Авторы делали выводы на основании анализа результатов измерения АТФ, креатинфосфата, креатина, лактата, пирувата и неорганического фосфата ферментативными и спектроскопическими методами в *musculus gracilis cranialis*. На основе концентрации важных энергетических метаболитов была рассчитана свободная энергия Гиббса

гидролиза АТФ и заряд креатина.

Воздействие чрезвычайно низкочастотного магнитного поля (50 Гц, 0,5 мТл) в течение семи дней не изменило спонтанную двигательную активность крыс в открытом поле по сравнению с фиктивными животными [12]. Предварительное воздействие ЭМИ снижало двигательную и стереотипную активность, индуцированную амфетамином (1,5 мг/кг массы тела), и, соответственно, увеличивало время отдыха по сравнению с крысами, подвергавшимися ложному воздействию и амфетамину. Вертикальная активность (воспитание) этих двух групп была схожей. На основе результатов данных исследований установлено, что ЭМИ по-разному влияет на некоторые параметры двигательной активности, вызванной амфетамином, вероятно, из-за специфических для области мозга воздействий на катехоламинергические системы, отвечающие за контроль движения.

Эффекты ЭМИ на иммунитет, гормональный статус, ферментативную активность живого организма

Интересны исследования эффектов ЭМИ на иммунитет, гормональный статус, ферментативную активность, окислительно-восстановительные процессы живого организма.

В экспериментах с участием семи здоровых мужчин (16-22 года) не выявлено эффекта магнитного поля (16,7 Гц, 0,2 мТл, воздействие с 5 часов вечера до часа ночи) на циркадный ритм синтеза мелатонина, ректальную температуру и частоту сердечных сокращений [8]. Уровень мелатонина в слюне определяли ежедневно, непрерывно регистрировали ректальную температуру и частоту пульса.

Воздействие слабого магнитного поля 40 Гц, 7 мТл в течение 30 минут в день и 60 минут в день в течение 2 недель значительно увеличивают уровни общего глутатиона в скелетных мышцах по сравнению с контрольной группой ($p < 0,001$) [2]. Крыс-самцов массой 280-300 г случайным образом разделили на 3 экспериментальные группы: контрольную группу и группы обработки, подвергшиеся воз-

действию магнитного поля очень низкой частоты. Контрольных крыс содержали в отдельной комнате, не подвергая воздействию крайне низкочастотного магнитного поля. После последнего воздействия определяли общий, окисленный и восстановленный глутатион, и окислительно-восстановительное состояние в мышечной ткани животных.

Не выявлено влияния воздействия бытового ЭМИ низкой интенсивности в жилых помещениях на экскрецию с мочой 6-сульфатоксимелатонина (6-ОНMS), основного метаболита мелатонина, в качестве индикатора ночной секреции мелатонина [3]. 6-ОНMS измеряли в двух точечных образцах мочи, собранных в 22.00 и 08.00 у 29 мужчин и 22 женщин. Точечные измерения ЭМИ проводились в центре и на четырех углах гостиной, спальни и кухни испытуемых при конфигурации с низким током (все источники света и приборы выключены), повторные измерения при конфигурации с высоким током (все огни и приборы включены). Риск снижения ночной секреции 6-ОНMS был повышен при ежедневном потреблении алкоголя (ИЛИ = 6,4; 95% ДИ 1,4,33,1) и индекса массы тела (ИМТ) выше среднего (ИЛИ = 2,2; 95% ДИ 0,5,9,6).

При оценке влияния низкочастотного магнитного поля 50 Гц с индукцией 10 мТл на каталазную и супероксиддисмутазную активность, концентрацию малонового диальдегида и образование свободных радикалов в тромбоцитах крови человека установлено повышенные значений определяемых показателей по сравнению с исходным уровнем, в то время как активность супероксиддисмутазы была ниже, чем в начале эксперимента [9]. Суспензию тромбоцитов крови человека подвергали воздействию магнитного поля различной формы в от 15 до 50 Гц и плотности потока 10 мТл. Полученные данные указывают на то, что окислительный стресс, возникающий в результате воздействия магнитного поля 50 Гц с индукцией 10 мТл, может вызывать ряд неблагоприятных воздействий внутри клетки и, следовательно, может приводить к

системным нарушениям в организме человека.

Влияние на кровеносную систему

В ряде трудов, посвященных определению эффектов низкоинтенсивного ЭМИ на кровь и органы кроветворения получены неоднозначные результаты.

В серии экспериментов на крысах линии Вистар было установлено, что ЭМИ низкой интенсивности может вызывать небольшие, но статистически значимые изменения в некоторых гематологических параметрах крыс в пределах физиологического диапазона [4]. Сорок восемь самок крыс были разделены на четыре отдельные группы: две группы, подвергшиеся воздействию ЭМИ (0,97 мТл, 50 и 100 дней, 3 часа в день) и две контрольные группы. Уровни эозинофилов, гемоглобина и MPV значительно снижались у крыс, которые подвергались воздействию ЭМИ в течение 50 дней. При сравнении данных для крыс, подвергшихся воздействию в течение 50 дней и 100 дней, было обнаружено, что уровни MPV у крыс, подвергшихся воздействию в течение 100 дней, были значительно ниже. Не было значительных различий в количестве лейкоцитов, нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов, эозинофилов и базофилов, а также в уровнях эритроцитов, Hct, MCH, MCHC, RDW, PLT и PDW между группами, подвергшимися воздействию и имитирующим. Воздействие ЭМИ не влияло на массу тела. Кроме того, вес печени не показал каких-либо существенных различий между группами.

Турецкие ученые не установили какого-либо влияния воздействия низкочастотного (50 Гц) ЭМИ с интенсивностью потока между 1-5 мкТл в течение 40 дней на относительную массу селезенки, гистологию лимфоидных органов, процентное содержание лейкоцитов и альфа-нафтилацетат-положительную долю лимфоцитов у мышей [1]. Исследование проводилось в Научно-исследовательском и прикладном центре Университета Сельчук, Конья, Турция. 120 швейцарских мышей-альбиносов были разделены на 6 групп (по 20 в каждой группе). Экспери-

ментальные животные подвергались воздействию магнитного потока в течение 40 дней.

Установлено, что воздействие на мышей синусоидальных электромагнитных полей частотой 50 Гц при магнитных плотностях 0,3, 1,0 и 3,0 мТл в течение 17 дней вызывает взаимодействие лейкоцитов с эндотелием, однако этот эффект, по мнению авторов [15], не контролируется уровнем цитокинов. Внутримикрососудистое поведение лейкоцитов оценивали с помощью флуоресцентной микроскопии с использованием дорсальной камеры кожной складки. Значительно увеличенные прилипающие к эндотелию лейкоциты наблюдались только в группе воздействия 3,0 мТл, но при этом не было обнаружено изменений в уровнях TNF-альфа и IL-1 в сыворотке.

В статье, содержащей результаты оценки защитного эффекта процианидинов из семян стручков лотоса от воздействия крайне низкочастотного электромагнитного поля (50 Гц, 8 мТл, 28 дней) и их защитного механизма от радиационного повреждения авторы [17] указывают на негативное влияние рассматриваемого фактора на кроветворные ткани и иммунную систему. При этом отмечается застой спленоцитов в фазе G0 / G1, вызванный ЭМИ, апоптоз клеток селезенки, повреждение ДНК.

Однако, китайские ученые [11] не выявили никаких существенных изменений *in vivo* в весе селезенки, коэффициенте селезенки, селезенке гистологический профиль и продукция цитокинов в тканях селезенки под воздействием магнитных полей 50 Гц. Двадцать самцов мышей Куньмин (6 недель), весом 18-25 г, случайным образом разделили на группы с ложным воздействием (N = 10) и 500 мкТ (N = 10). Мышей подвергали воздействию ЭМИ 500 мкФ в течение 8 часов в день (5 дней в неделю) в течение до 60 дней. Исследование *in vitro* было проведено для изучения влияния ЭМИ с частотой 50 Гц на экспрессию генов воспалительного фактора и кластера дифференцировки 69 (CD69) в первичных лимфоцитах селезен-

ки мыши, активированных параметоксиафетамином и иономицином. В экспериментах *in vitro* лимфоциты выделяли из селезенки 10 здоровых мышей Куньмин, клетки культивировали в среде Roswell Park Memorial Institute 1640 (RPMI-1640) и подвергали воздействию ЭМИ 0 мкТ, 250 мкТ, 500 мкТ или 1 мТл в инкубаторе под 5% углекислым газом (CO₂) при 37 ° C в течение 6 часов. Следует отметить, что в условиях эксперимента воздействие магнитного поля частотой 50 Гц не изменяло реакции воспалительных генов и активации лимфоцитов селезенки у мышей, за исключением массы тела.

В исследовании авторов [19] определены эффекты ЭМИ низкой интенсивности на морфологические и физиологические показатели органов иммунной системы (тимус, селезенка). Опыты проведены на мышцах обоего пола линии СВА и их щенках, полученных при различных вариациях скрещивания. На мышей воздействовали ЭМИ (925 ± 3 МГц, 1,2 мВт/см²), в течение 10 минут ежедневно на протяжении 5 суток. У объектов опытных групп наблюдалось снижение морфометрических показателей тимуса и селезенки. ЭМП у мышей по женской линии приводило к снижению доли тимоцитов в тимусе и клеток лимфоидного ряда в селезенке; у мышей по мужской линии отмечалось увеличение процентного содержания бластных клеток в тимусе и клеток эритроидного ряда в селезенке.

При оценке микробицидных свойств секреторных продуктов нейтрофилов в отношении микрофлоры слизистых оболочек тела человека выявлено, что предварительное воздействие на нейтрофилов ЭМИ низкой частоты приводит к увеличению бактерицидности секреторных продуктов нейтрофилов по отношению к грамотрицательной микрофлоре, однако, относительно грампозитивных микроорганизмов подобного эффекта не наблюдалось [23].

ЭМИ как возможный канцероген

Известны исследования влияния ЭМИ на возникновение опухолей. Итальянские

исследователи [10] рассмотрело эпидемиологические данные о детской лейкемии и воздействии в жилых помещениях магнитных полей частотой 50/60 Гц.

Впервые как канцероген ЭМИ на уровнях ниже единиц микротеслы (microT) рассматривалось в исследовании по детскому раку (Деневр, США). При этом повышенный риск возникновения рака и лейкемии был выявлен у детей, проживающих в домах с «конфигурацией с высоким или очень высоким током». Однако, в 2000-х годах эпидемиологические данные, отражающие зависимость возникновения риска лейкемии у детей от влияния ЭМП низкой частоты, были менее последовательными, чем это наблюдалось в середине 90-х годов. В то же время накапливается все больше экспериментальных данных, как о прямом, так и о стимулирующем канцерогенном эффекте ЭМИ. Такое «негативное» экспериментальное доказательство затрудняет причинную интерпретацию «позитивных» эпидемиологических исследований.

Воздействие на репродуктивные функции и системы

Имеются данные о влиянии воздействия низкочастотных электромагнитных полей на репродукцию. Так, при исследовании эффектов рассматриваемого фактора на фертильность взрослых самцов и самок швейцарских мышей авторы [6] не выявили неблагоприятного влияния воздействия магнитного поля с частотой 50 Гц при приблизительно 25 мкТл (среднеквадратичное значение) в течение 90 дней. Взрослых самцов и самок мышей подвергали воздействию ЭМИ, прежде чем их спаривали с неэкспонированными аналогами. Число мест имплантации, жизнеспособных плодов и общее количество резорбций у мышей, подвергавшихся воздействию магнитного поля 50 Гц, статистически не отличалось от контрольной группы. Не было значительного влияния на массу яичек, семенных пузырьков, препуциальной железы или массы тела самцов, подвергшихся воздействию магнитного поля 50 Гц. Масса тела и матки у самок, подвергшихся воздействию поля

50 Гц, также не отличалась от контрольных. Однако, масса яичника была значительно увеличена у самок, подвергшихся воздействию ЭМИ.

При воздействии на эякуляты ЭМП ($l = 7,1$ мм, $f = 42,194$ ГГц, $P = 0,1$ мВт/см²) в течение 30 мин обнаружено влияние ЭМИ на процесс апоптоза мужских половых клеток *in vitro* [22]. Исследования были проведены на биоматериале от 28 здоровых мужчин. За контроль брали эякулят, который не подвергался влиянию ЭМИ. Установлено, что воздействие рассматриваемого фактора на сперму вызывает уменьшение процентного содержания аннексин-положительных сперматозоидов относительно контроля ($p < 0,01$). Таким образом, ЭМИ оказывает ингибирующий эффект на процесс программируемой гибели мужских половых клеток.

В исследовании, посвященном изучению влияния пренатального и постнатального воздействия низкочастотного ЭМП (50 Гц EF 10 кВ/мин) на рост и пубертатное развитие беременных крыс Wistar [5] установлено, что раннее пренатальное воздействия в течение 24 ч до полового созревания приводит к ограничению роста, задержке полового созревания и снижению уровня IGF-1.

ВЫВОДЫ

Не смотря на большое количество работ, посвященных изучению влияния ЭМИ на живые организмы, вопрос механизма воздействия ЭМИ низкой интенсивности на биологические объекты остается актуальным и требует дальнейшего изучения.

Effects of low-intensity electromagnetic radiation on living systems. Rano Z. Lifanova¹ – Post-Graduate Student, V. S. Orlova¹ – Dr. Sc. Biol., Prof., L.I. Sabirzyanova – Assistant of the Department of Pharmacology and Toxicology

¹Ecological Faculty Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

²St. Petersburg Academy of Veterinary Medicine

ABSTRACT

This review is devoted to the studies of the effect of low intensity electromagnetic radiation irradiation (EMR) on various types of

biological objects. The results of the studies of the effects of electromagnetic radiation on plant growth, nervous system, immunity, hormonal status, enzymatic activity, redox processes of a living organism are presented. A review of the literature on the biological effects of EMR on living systems can help to inreach our ideas about the possible ways how living organisms perceive this type of radiation and also can help to determine the direction for further research in this area. Low-frequency electromagnetic fields are generated by all electrical means, including power lines, distribution lines and electrical appliances. There are also sources of this radiation of natural origin. There is concern about whether low-intensity EMR affects public health. A significant amount of researches on this topic has been carried out over the past decades, but the health effects of this factor are still mixed.

Despite a large number of works devoted to the study of the influence of EMR on living organisms, the question of the mechanism of the effect of EMR on biological objects remains relevant and requires further study.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cicekcibasi A.E., Celik I., Salbacak A., Ozkan Y., Okudan N., Buyukmumcu M. Determination of the effects of extremely low frequency electromagnetic fields on the percentages of peripheral blood leukocytes and histology of lymphoid organs of the mouse // *Saudi Med J* – 2008 – Vol. 29, Issue 1. – P. 36-41.
2. Ciejka E., Jakubowska E., Żelechowska P., Huk-Kolega H., Kowalczyk A., Gorąca A. Wpływ pola magnetycznego o ekstremalnie niskiej częstotliwości na zawartość glutationu w mięśniach przeciętnie prężkowanym szczura. *Medycyna Pracy*. – 2014 – Vol. 65, Issue 3. – P. 343-349. DOI:10.13075/mp.5893.2014.045.
3. Cocco P., Cocco M.E., Paghi L., Avataneo G., Salis A., Meloni M., Atzeri S., Broccia G., Ennas M.G., Erren T.C. et al. Urinary 6-sulfatoxymelatonin excretion in humans during domestic exposure to 50 hertz electromagnetic fields // *Neuro Endocrinol Lett* – 2005 – Vol. 26, Issue 2. – P. 136-142.
4. Dilek Ulker Cakir, Beran Yokus, Mehmet Zulkuf Akdag, Cemil Sert, Nuriye Mete, Alterations of Hematological Variations in Rats Exposed to Extremely Low Frequency Magnetic Fields (50Hz) // *Archives of Medical Research* – 2009 – Vol. 40, Issue 5. – P. 352-356. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2009.07.001>.
5. Dundar, Bumin, et al. The Effect of the Prenatal and Post-Natal Long-Term Exposure to 50 Hz Electric Field on Growth, Pubertal Development and IGF-1 Levels in Female Wistar Rats // *Toxicology and Industrial Health*. – 2009 – Vol. 25, Issue 7. – P. 479-487. DOI: 10.1177/0748233709345942.
6. Elbetieha A., AL-Akhras M.A., Darmani H. Long-term exposure of male and female mice to 50 Hz magnetic field: effects on fertility // *Bioelectromagnetics* – 2002 – Vol. 23, Issue 2. – P. 168-172.
7. Fadakar K., Saba V., Farzampour, S. Effects of extremely low frequency electromagnetic field (50 Hz) on pentylenetetrazol-induced seizures in mice // *Acta Neurol Belg* – 2013 – Vol. 113. – P. 173-177. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13760-012-0133-y>
8. Griefahn B., Künemund C., Blaszkewicz M., Lerchl A., Degen G.H/ Effects of electromagnetic radiation (bright light, extremely low-frequency magnetic fields, infrared radiation) on the circadian rhythm of melatonin synthesis, rectal temperature, and heart rate. *Ind Health* – 2002 – Vol. 40, Issue 4. – P. 320-327. DOI: <https://doi.org/10.2486/indhealth.40.320>
9. Henrykowska G., Jankowski W., Pacholski K., Lewicka M., Smigielski J., Dziedziczak-Buczynska M., et al. The effect of 50 hz magnetic field of different shape on oxygen metabolism in blood platelets: in vitro studies // *Int J Occup Med Environ Health* – 2009 – Vol. 22, Issue 3. – P. 269-276. DOI:10.2478/v10001-009-0019-2.
10. Lagorio S., Salvan N. Infantile leukemia and exposure to 50/60 Hz magnetic fields: review of epidemiologic evidence

- in 2000 // *Ann Ist Super Sanita* – 2001 – Vol. 37, Issue 2. – P. 213–224.
11. Luo X, Jia S, Li R, Gao P, Zhang Y. Occupational exposure to 50 Hz magnetic fields does not alter responses of inflammatory genes and activation of splenic lymphocytes in mice // *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* – 2016 – Vol. 29, Issue 2. – P. 277–291. DOI:10.13075/ijomh.1896.00519.
 12. Prolić Z., Janać B., Pesić V., Jelenković A. The effect of extremely low-frequency magnetic field on motor activity of rats in the open field // *Biophysics from Molecules to Brain: In Memory of Radoslav K. Andjus* – 2005 – Vol. 1048, Issue 1. – P. 381–384.
 13. Stefl B., Vojtisek M., Synecka L. et al. Whole body exposure to low frequency magnetic field: no provable effects on the cellular energetics of rat skeletal muscle // *Mol Cell Biochem* – 2006 – Vol. 284. – P. 111–115. DOI:https://doi.org/10.1007/s11010-005-9025-2
 14. Tasset I., Medina F.J., Jimena I., Agüera E., Gascón F., Feijóo M., Sánchez-López F., Luque E., Peña J., Drucker-Colín R., Túnez I. Neuroprotective effects of extremely low-frequency electromagnetic fields on a Huntington's disease rat model: effects on neurotrophic factors and neuronal density // *Neuroscience* – 2012 – Vol. 209. – P. 54–63.
 15. Ushiyama A., Masuda H., Hirota S. et al. Subchronic effects on leukocyte-endothelial interactions in mice by whole body exposure to extremely low frequency electromagnetic fields // *In Vivo* – 2004 – Vol. 18. – P. 425–432.
 16. Varró P., Szemerszky R., Bárdos G. and Világi I. Changes in synaptic efficacy and seizure susceptibility in rat brain slices following extremely low-frequency electromagnetic field exposure // *Bioelectromagnetics* – 2009 – Vol. 30. – P. 631–640. DOI:10.1002/bem.20517
 17. Zhang H., Cheng Y., Luo X., Duan Y. Protective effect of procyanidins extracted from the lotus seedpod on immune function injury induced by extremely low frequency electromagnetic field // *Biomed Pharmacother* – 2016 – Vol. 82. – P. 364–372.
 18. Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В., Шибряева Л.С. Посевные качества семян мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при разных режимах воздействия низкочастотным электромагнитным полем // С.-х. биол., Сельхозбиология, Sh biol, Sel-hoz biol, Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, Agricultural Biology. 2017. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/posevnye-kachestva-semyan-mygkoj-yarovoy-pshenitsy-triticum-aestivum-l-pri-raznyh-rezhimah-vozdeystviya-nizkochastotnym> (дата обращения: 23.11.2019).
 19. Овчинникова Анастасия Валерьевна. Отдаленные эффекты воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на органы иммунной системы экспериментальных животных // *Вестник ЧГПУ*. 2015. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otdalennye-effekty-vozdeystviya-elektromagnitnogo-izlucheniya-radiochastotnogo-diapazona-na-organy-immunnoy-sistemy> (дата обращения: 24.11.2019).
 20. Павлова Л.Н., Дубовик Б.В., Жаворонков Л.П., Лушников Г.А. Влияние широкополосного импульсно-модулированного ЭМИ СВЧ низкой интенсивности на крыс Вистар с высокой организацией адаптивного поведения // *Радиация и риск (Бюллетень НРЭР)*. 2016. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-shirokopolosnogo-impulsno-modulirovannogo-emi-svch-nizkoj-intensivnosti-na-krys-vistar-s-vysokoy-organizatsiey-adaptivnogo> (дата обращения: 24.11.2019).
 21. Павлова Л. Н., Жаворонков Л. П., Дубовик Б. В., Глушакова В. С., Посадская В. М. Экспериментальная оценка реакций ЦНС на воздействие импульсных ЭМИ низкой интенсивности //

- Радияция и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2010. – Том 19, Вып. 3. – С. 104-119.
22. Плосконос М.В. Влияние миллиметрового электромагнитного излучения низкой интенсивности на процесс апоптоза мужских половых клеток. Успехи современного естествознания 2015; 1–6:974–976.
23. Шишкова Ю.С., Даровских С.Н., Вильданова О.Р. Определение микробицидного эффекта секреторных продуктов нейтрофилов, предварительно подвергшихся моделированному низкоинтенсивному электромагнитному излучению, в отношении *Lactobacillus plantarum*, *Bifidobacterium bifidum*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* // Медицинская иммунология. 2017. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-mikrobitsidnogo-effekta-sekretornyh-produktov-neytrofilov-predvaritelno-podvergshihsya-modelirovannomu> (дата обращения: 24.11.2019).
24. Шпак Анна Анатольевна, Новиков Всеволод Александрович Исследования влияния электромагнитных полей и электромагнитных излучений на биообъекты // Биомедицинская инженерия и электроника. 2017. №4 (18). DOI: 10.6084/m9.figshare.5545324

ИНФОРМАЦИЯ

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятиях при заразных и незаразных болезнях животных и птиц.

Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургской академии ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

**Тел/факс (812) 365-69-35,
Моб. тел.: 8(911) 176-81-53, 8(911) 913-85-49,
e-mail: 3656935@gmail.com**