



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТЕРНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

Влияние электромагнитного излучения на онтогенез лабораторных
животных

Выпускная квалификационная работа по направлению 44.03.05 –
«Педагогическое образование»
Уровень образования- бакалавриат
Профильная направленность «Биология. Безопасность жизнедеятельности»

Проверка на объем заимствований:
55,0 % авторского текста

Работа рекомендована к защите

«26» мая 2017.

и.о. зав. кафедрой Общей биологии
и физиологии
Байгужин П.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/066-5-1

Шукшина Алёна Алексеевна

Научный руководитель:

Канд. биол. наук, доцент

Шилкова Шилкова Татьяна Викторовна

Челябинск

2017

Оглавление

Введение	2
Глава 1. Характеристика ЭМИ и его влияние на онтогенез лабораторных животных.....	6
1.1. Характеристика ЭМИ и его источников.....	6
1.2. Эффекты действия ЭМИ на биологические системы.....	12
<i>1.2.1 Влияние ЭМИ на иммунную и нервную системы животных.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.2 Влияние ЭМИ на гуморальную систему, сердце и сосуды.....</i>	<i>16</i>
1.3 Влияние ЭМИ на онтогенез биологических объектов.....	17
<i>1.3.1 Влияние ЭМИ на рост и развитие биологических объектов. ...</i>	<i>17</i>
<i>1.3.2. Влияние ЭМИ на поведение лабораторных животных.....</i>	<i>18</i>
<i>1.3.3 Влияние ЭМИ на репродуктивную функцию лабораторных животных.....</i>	<i>23</i>
Глава 2. Организация и методы исследования.....	25
2.1. Организация исследования.....	25
2.2 Тест «Открытое поле».....	25
2.3. Морфометрический метод исследования животных-потомков в III поколении.....	27
2.4. Метод математико-статистической обработки	27
Глава 3. Оценка влияния ЭМИ РЧ с различной поляризацией на поведение, рост и развитие лабораторных животных.....	28
<i>3.1. Влияние ЭМИ на поведение лабораторных животных.....</i>	<i>28</i>
<i>3.2 Влияние ЭМИ на рост и развитие лабораторных животных.</i>	<i>41</i>
Глава 4. Использование материалов исследования в педагогической практике.....	44
Выводы.....	47
Список литературы:	48
Приложение	53

Введение

Как известно, все живые системы постоянно подвергаются комплексному влиянию абиотических, биотических и антропогенных факторов окружающей среды. Среди этих факторов, особая роль принадлежит электромагнитному излучению (ЭМИ), вызывающего значимые изменения функционального состояния организма.

В настоящее время активно идет развитие и внедрение в повседневную жизнь новых теле- и радиокommunikационных технологий, систем мобильной сотовой связи, связи интернет, компьютерной техники, бытового электрооборудования, что несомненно ведет к изменению естественного электромагнитного фона. В связи с этим актуальным является изучение реакций организма млекопитающих на изменение уровня электромагнитного фона окружающей среды для оценки рисков нарушения развития организма и возникновения заболеваний, а также возможных положительных реакций организма на действие ЭМИ.

Григорьев Ю.Г. (1996) отмечал, что отрицательные факторы антропогенного воздействия способствуют снижению резервов здоровья на индивидуальном и популяционном уровнях, нарастанию степени психофизиологического и гигиенического напряжения, росту специфической патологии, появлению новых форм экологических болезней. У высших организмов наиболее чувствительными к магнитному полю считаются, эндокринная, нервная, сердечно-сосудистая система, а также система крови. Обладая высокой проникающей способностью, магнитные поля могут влиять на различные структуры головного мозга. Под влиянием магнитного поля могут меняться процесс восприятия,

хранения и воспроизведения информации головным мозгом, а также психоэмоциональная деятельность.

На основе ряда экспериментальных данных было установлено, что под действием электромагнитного излучения изменяется поведенческая реакция экспериментальных животных, острые воздействия переменного магнитного поля вызывают нарушения врожденного поведения, а развитию поведенческих навыков способствует влияние низкочастотных ЭМП. Также ЭМИ влияет на рост и развитие экспериментальных животных, на состояние органов и систем организма. В исследованиях Жаворонкова Л.П. (2006) на лабораторных мышках была выявлена ответная реакция иммунной системы на воздействие ЭМИ РЧ: изменение массы, объема селезенки и тимуса. Наблюдается отставание в наборе массы тела и уменьшение относительной массы органов: тимуса, надпочечников, печени.

Актуальность темы также состоит в том, что действие ЭМИ несет разноплановый характер и может влиять на организм как отрицательно, так и положительно.

К примеру, за последние годы были получены результаты исследований влияния ЭМИ различных диапазонов на крупный рогатый скот, свиней и других животных, которые свидетельствуют о возможности их практического применения с целью изменения физиологического состояния и стимулирования продуктивности животных [13].

Электромагнитные излучения в последнее время нашли широкое применение в медицинской практике для диагностики, профилактики и лечения ряда заболеваний. К примеру, лечебный эффект может достигаться как за счет локального прогрева ткани (например, УВЧ- и СВЧ-терапия), так и при использовании ЭМИ низкой (нетепловой) интенсивности. Низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высоких частот (КВЧ) широко применяется в клинической практике при практически полном отсутствии научно-обоснованной теоретической базы.

В связи с этим, поиск механизмов действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на функции различных органов и систем организма является в настоящее время актуальной задачей [1].

Научно-практическая ценность. Полученные результаты исследования влияния ЭМИ на онтогенез и поведение лабораторных животных могут служить основой для разработки научно-обоснованных рекомендаций по использованию ЭМИ в сфере сельскохозяйственных работ, а также будут иметь бесспорную ценность для дальнейшего совершенствования принципов гигиенического нормирования электромагнитных излучений. Результаты исследования могут быть использованы в курсе учебных дисциплин «Охрана труда в учебном процессе», «Адаптация биологических систем к экстремальным факторам среды», а также для разработки учебных занятий по дисциплинам «Биология», «Экология», «Основы безопасности жизнедеятельности» и внеклассных мероприятий по здоровьесбережению и экологической безопасности.

В период прохождения производственной практики в МБОУ «СОШ №121» было разработано внеклассное мероприятие на тему «Влияние электромагнитного излучения на биологические системы». Результаты исследования используются в образовательном процессе в МБОУ СОШ № 121 (г. Челябинск) при преподавании учебного предмета «Экология», что подтверждено актом внедрения результатов ВКР в учебном процессе.

Цель курсовой работы:

- изучить влияние ЭМИ РЧ диапазона на рост и развитие, поведение лабораторных животных-потомков облученных животных в III поколении.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- провести анализ литературных источников по теме исследования
- определить влияние ЭМИ на рост и развитие лабораторных животных в III поколении

- выявить особенности поведения у потомков животных, подвергнутых воздействию ЭМИ РЧ с помощью теста «Открытое поле»

Объект исследования – особенности онтогенеза и поведенческие реакции мышей линии СВА.

Предмет исследования – особенности онтогенеза и поведенческие реакции у потомства экспериментальных животных, подвергнутых воздействию ЭМИ РЧ с различной поляризацией.

Методы исследования:

- 1) Тест «Открытое поле»
- 2) Морфометрический метод исследования
- 3) Математико-статистический метод обработки данных

Структура и объем работы:

Курсовая работа изложена на 57 страницах, состоит из введения, собственных теоретических исследований, практической части, выводов, и списка литературы. Работа иллюстрирована 13 графиками, 2 таблицами. Список литературы включает 41 источник.

Глава 1. Характеристика ЭМИ и его влияние на онтогенез лабораторных животных

1.1. Характеристика ЭМИ и его источников.

Электромагнитное излучение — это колебательный процесс, связанный с изменением состояния электромагнитного поля (то есть взаимодействия друг с другом электрического и магнитного полей) в пространстве и времени [31].

Оно способно распространяться практически во всех средах. В вакууме электромагнитное излучение распространяется без затуханий на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом своё поведение) [3].

Электромагнитное поле характеризуется длиной волны λ , измеряемой в метрах, или частотой излучения f , измеряемой в герцах. Групповая скорость распространения электромагнитного излучения в вакууме равна скорости света ($3 \cdot 10^8$ м/с), в других средах эта скорость меньше. Фазовая скорость электромагнитного излучения в вакууме также равна скорости света, в различных средах она может быть, как меньше, так и больше скорости света. Распространение электромагнитных волн, вид поляризации, временные зависимости электрического и магнитного полей, определяющий тип волн и прочие особенности зависят от источника излучения и свойств среды.

Электромагнитные излучения различных частот взаимодействуют с веществом также по-разному.

Спектр электромагнитных излучений подразделяют на диапазоны, которые различаются по длине волны и частоте колебаний (табл. 1), а

следовательно, физическим свойствам и биологическому действию на организм человека [34].

Таблица 1

Классификация ЭМИ и их источники. (СанПиН 2.2.4.1191—03)

Название диапазона		Длины волн, λ	Частоты, ν	Источники
Радиоволны	Сверхдлинные	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные и магнитосферные явления. Радиосвязь.
	Длинные	10 км — 1 км	30 кГц — 300 кГц	
	Средние	1 км — 100 м	300 кГц — 3 МГц	
	Короткие	100 м — 10 м	3 МГц — 30 МГц	
	Ультракороткие	10 м — 1 мм	30 МГц — 300 ГГц	
Инфракрасное излучение		1 мм — 780 нм	300 ГГц — 429 ТГц	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях.
Видимое излучение		780 — 380 нм	429 ТГц — 750 ТГц	
Ультрафиолетовое		380 нм — 10 нм	$3 \cdot 10^{14}$ Гц — $3 \cdot 10^{16}$ Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов.
Рентгеновские		10 нм — 5 пм	$3 \cdot 10^{16}$ Гц — $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц.
Гамма		менее 5 пм	более $6 \cdot 10^{19}$ Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад.

Радиоволны - возникают при протекании по проводникам переменного тока соответствующей частоты. И наоборот, проходящая в пространстве электромагнитная волна возбуждает в проводнике соответствующий ей переменный ток. Волны всех радиодиапазонов

широко используются в технике. Естественным источником волн этого диапазона являются грозы [16].

Инфракрасное излучение (ИК-излучение, ИК-лучи) - электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света и коротковолновым радиоизлучением. ИК-область спектра обычно делят на ближнюю (0,76-2,5 мкм), среднюю (2,5-50 мкм) и далёкую (50-2000 мкм), относится к оптическому излучению и подчиняется всем законам оптики. ИК не видимо глазом, но создаёт ощущение тепла и поэтому часто называется тепловым [9].

Видимое излучение — электромагнитные волны, воспринимаемые человеческим глазом. Чувствительность человеческого глаза к электромагнитному излучению зависит от длины волны (частоты) излучения, при этом максимум чувствительности приходится на 555 нм (540 ТГц), в зелёной части спектра. Указать точные границы спектрального диапазона видимого излучения невозможно, т.к. при удалении от точки максимума чувствительность спадает до нуля постепенно [39].

Ультрафиолетовый свет (УФ)- расположен в электромагнитном спектре между видимым светом и рентгеновскими лучами [32].

Действие ультрафиолетового света будет тем ниже, чем выше биологическая активность волн данного излучения, соответственно, чем ниже длина волны, тем сильнее биологическая активность. Самой сильной активностью обладают волны с длиной 280 – 200 нм, которые оказывают бактерицидные действия и активно воздействуют на ткани организма [16].

Рентгеновское излучение — электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на шкале электромагнитных волн между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением. Рентгеновское излучение является ионизирующим [7].

Гамма-излучение - это коротковолновое электромагнитное излучение, обладает чрезвычайно малой длиной волны ($\lambda < 10^{-8}$ см) и

вследствие этого ярко выраженными корпускулярными свойствами. Гамма-излучение, открытое в 1910 г Генри Брэггом, активно используется в медицине для лечения опухолей, для стерилизации помещений, аппаратуры и лекарственных препаратов, применяют для получения мутаций с последующим отбором хозяйственно-полезных форм [15].

Источники ЭМИ:

Современный человек живет в окружении огромного количества объектов - источников электромагнитного излучения. По степени взаимодействия с человеком электромагнитные поля (ЭМП) можно разделить на ЭМП естественного происхождения и искусственные ЭМП антропогенного происхождения, как результат деятельности человека.

К естественным ЭМП относят магнитное и электрическое поле Земли, атмосферное электричество (разряды молний, колебания зарядов в ионосфере), космические источники радиоволн (Солнце и другие звезды). Искусственные источники ЭМП можно условно разделить на две группы:

- технические средства, специально созданные для излучения энергии ЭМП, к которым можно отнести различные системы связи, радиолокационные установки, радио и телевизионные вещательные станции, отдельные виды физиотерапевтического и диагностического оборудования, а также различные технологические установки в промышленности с использованием энергии ЭМП;

- технические средства и изделия, создающие во внешнем пространстве паразитные ЭМП не связанные с их функциональным назначением, к ним относят: системы передачи и распределения электроэнергии (ЛЭП, трансформаторные подстанции) и приборы, потребляющие её (электроплиты, электронагреватели, холодильники, телевизоры, осветительные приборы и т.п.) [36].

Уровень ЭМП от искусственных источников излучения в местах интенсивного их использования, может значительно превышать естественное фоновое излучение (более чем 1000 раз).

Рассмотрим каждый из них:

1. Низкочастотные электромагнитные излучения (частота 0-3 кГц)

- Системы производства, передачи и распределения электроэнергии: электростанции, линии городского освещения, средства дистанционного наблюдения и контроля, линии электропередач (ЛЭП), электропроводка внутри помещений, кабельные системы, телекоммуникации. ЛЭП относится к постоянно действующим источникам загрязнения, находящимся в опасной близости к жилищу [22].

- Бытовая электрическая и электронная техника: кухонные электроплиты, кухонные вытяжки, холодильники, кондиционеры и др. бытовые и хозяйственные электрические устройства. Мощность ЭМИ зависит от мощности прибора или устройства.

- Электротранспорт и его инфраструктура. Транспорт на электроприводе является мощным источником электромагнитных излучений в диапазоне частот от 0 до 100 Гц. Максимальные значения магнитной индукции в пригородных электричках отмечаются в пределах 75 мкТл при среднем значении 20 мкТл. В метрополитене отмечаются самые большие величины электромагнитных воздействий.

- Автомобильный транспорт. В настоящее время доля электромагнитного излучения от автомобильного движения в городах непрерывно растет и составляет от 18 до 32 %.

2. Высокочастотные электромагнитные излучения (частота 3-300 кГц).

- Радиовещательные и телевизионные передаточные информационные устройства: источники электромагнитного излучения с функцией передачи или получения информации, коммерческие передачи радио и телевидения.

- Производственные и индивидуальные устройства связи: любительские радиопередатчики, радиотелефоны, авторадителефоны, базовые станции систем подвижной (сотовой) радиосвязи [25].

- Средства направленной радиосвязи: космическая, спутниковая связь, наземные радиорелейные станции. Системы спутниковой связи состоят из спутника на орбите и приемно-передающей станции на Земле. Направленность антенны этого типа связи имеет ярко выраженный узконаправленный луч.

- Навигационные и радиолокационные средства.

- Технологическое оборудование, использующее сверхвысокочастотное излучение (СВЧ излучение): устройства с излучателями сверхвысокой частоты производственного и бытового назначения - средства визуального отображения информации: мониторы персональных компьютеров, телевизоры [26].

- Устройства медицинской техники, использующие излучения ультразвуковой частоты.

- Производство электроэнергии с помощью солнечных батарей. Они являются экологически безопасными с точки зрения электромагнитной энергетики только при условии работы вне Земли на постоянных спутниковых орбитах.

- Системы использования ионосферы и развития противовоздушной и противоракетной обороны. Система из многочисленных антенн предназначена для исследования высокочастотных активных атмосферных явлений, электрических и физических свойств ионосферы, влияющих на гражданские и военные системы связи и навигации, условия осуществления противоракетной и противовоздушной обороны [29].

1.2. Эффекты действия ЭМИ на биологические системы

В настоящее время интенсивно изучаются эффекты воздействия электромагнитных полей различных частотных диапазонов на биологические системы. Это связано с многочисленными экспериментальными подтверждениями фактов изменения функционирования систем под воздействием электромагнитных полей и других физических факторов. Однако до сих пор не существует единого мнения о механизмах воздействия ЭМИ на живой организм [14].

Взаимодействие внешних ЭМП с биологическими объектами осуществляется путем наведения внутренних полей и электрических токов, величина и распределение которых в теле человека и животных зависит от целого ряда параметров, таких как форма, размер, электрические и магнитные свойства тканей, анатомическое строение тела, ориентация объекта относительно поляризации тела, а также от характеристик ЭМП. Поглощение и распределение поглощенной энергии внутри тела существенно зависит так же от размеров и формы облучаемого объекта, от соотношения длины волны излучения с этими размерами [6].

В работе Казначеева В.П. (1985) выдвинута теория информационных воздействий ЭМП на биосистемы. Она основывается на представлении о принципиальной возможности нетепловых (информационных, или резонансных) взаимодействий ЭМП с живыми системами. С физической точки зрения ЭМИ обладают всеми существенными свойствами, необходимыми для передачи информации: большой скоростью передачи информации, значительной проникающей способностью, способностью к дистантной регуляции определенных процессов. Поэтому в наиболее общем виде представляются вероятными 3 вида биологической активности ЭМП: 1) влияние электромагнитных процессов, протекающих во внешней среде, на функционирование живых организмов; 2) участие в

жизнедеятельности организмов электромагнитных процессов, происходящих в них самих; 3) электромагнитные взаимосвязи между организмами [8]. Соответственно, возможный механизм воздействия электромагнитных полей на биосистемы состоит в их взаимодействии и интерференции с эндогенными полями и/или изменении информационной значимости естественных сигналов из окружающей среды. Этот информационный подход объясняет высокую чувствительность организмов к ЭМП низкой интенсивности.

Эффекты влияния ЭМИ на биосистемы зависят от:

- Частоты волны. Частота (длина волны) определяет такие важные свойства излучения, как затухание и глубина проникновения излучения в ткани.

- Параметров экспозиции ЭМП. Показано, что импульсные поля оказывают значительно больший эффект, чем непрерывные [38].

- Формы импульса. Излучения с прямоугольной формой импульса являются наиболее биологически активными, чем с синусоидальной формой [20].

- От напряженности. Для поля каждой частоты существует некоторое оптимальное значение напряженности (амплитудные окна), при котором наблюдаемый физиологический сдвиг выражен наиболее четко. Соответственно, в некоторых экспериментах отмечается возможность увеличения силы реакции при снижении интенсивности воздействующего излучения [39].

- От характера модуляции. Модулированные волны микроволнового диапазона оказывают большее действие, чем немодулированные излучения той же интенсивности.

- Фонового уровня функционального состояния индивида.

- Этапа онтогенеза.

- Психофизиологических особенностей организма.

- Наличия хронических заболеваний.

Согласно данным [28] установлены половые различия чувствительности к воздействию ЭМП. Однако следует отметить противоречивость литературных данных: некоторые эксперименты выявили относительно большую чувствительность женского организма, в то время как в других отмечалась большая подверженность влиянию электромагнитных полей мужского организма.

В работе Кураева Г.А. (2000) указывается также, что биосистемы, находящиеся в ослабленном состоянии более чувствительны к воздействию ЭМП, чем организмы в нормальном функциональном состоянии; работающие органы реагируют сильнее, чем покоящиеся.

Возраст индивида оказывает большое значение на развитие биоэффектов: в период эмбрионального развития и в ранние возрастные периоды организмы наиболее чувствительны к влиянию ЭМП. Это обосновано тем, что любые нарушения регуляции биологических процессов под действием ЭМП, независимо от механизмов, обуславливающих эти нарушения, наиболее вероятно должны возникать именно на стадиях формирования организма, когда защитные механизмы или еще не развиты, или не достигли должного совершенства.

Первичные процессы взаимодействия ЭМП с биообъектами приводят к изменениям на клеточном, системном и организменном уровнях и влияют на различные системы организма [11].

1.2.1 Влияние ЭМИ на иммунную и нервную системы животных.

Известно, что в организме существует защитная система, эффекторами которой являются органы иммуногенеза. В исследованиях Шилковой Т.В. (2011) отмечается ответная реакция иммунной системы на воздействие ЭМИ РЧ: изменение массы, объема селезенки и тимуса [38]. Результаты исследований ученых дают основание считать, что при

воздействии ЭМП нарушаются процессы иммуногенеза в сторону их угнетения. Установлено также, что у животных, облученных ЭМП, течение инфекционного процесса отягощается. Влияние ЭМП высоких интенсивностей на иммунную систему организма проявляется в угнетающем эффекте на Т-систему клеточного иммунитета. ЭМП могут способствовать усилению образования антител к тканям плода и стимуляции аутоиммунной реакции в организме беременной самки, неспецифическому угнетению иммуногенеза [37].

На уровне нервной клетки, структурных образований по передачи нервных импульсов (синапсе), на уровне изолированных нервных структур возникают существенные отклонения при воздействии ЭМП малой интенсивности. Высшая нервная деятельность изменяется, организмы могут обретать склонность к развитию стрессорных реакций. Определенные структуры головного мозга имеют повышенную чувствительность к ЭМП. Однако особую высокую чувствительность к ЭМП проявляет нервная система эмбриона.

В опытах на крысах Вистар изучено влияние низкоинтенсивного импульсно-модулированного ($F = 3-1$ Гц) электромагнитного излучения (ЭМИ) на когнитивные функции мозга в зависимости от числа одновременно действующих источников излучения. В результате опыта изменялся процесс выработки и закрепления условного рефлекса по интегральным показателям и по динамике обучаемости, изменялись когнитивные функции мозга крыс. Отрицательный эффект воздействия при равных прочих условиях усиливался за счет расширения спектрального диапазона [20].

1.2.2 Влияние ЭМИ на гуморальную систему, сердце и сосуды

При действии ЭМП происходит стимуляция гипофизарно-адреналиновой системы, что сопровождается активацией процессов свертывания крови, увеличением содержания адреналина в крови [27].

При однократном воздействии ЭМП РЧ диапазона с частотой 925 МГц на организм млекопитающих повышается частота клеток с микроядрами в культуре лимфоцитов периферической крови, и частота эритроцитов с микроядрами в костном мозге у мышей при однократном воздействии. При этом увеличивается количество ядросодержащих клеток и ускоряется созревание эритроцитов в костном мозге. В период физиологически протекающей беременности под действием ЭМП РЧ развиваются компенсаторно-приспособительные реакции: число лейкоцитов и эритроцитов в периферической крови повышается, масса кроветворных органов изменяется (масса селезенки – увеличивается; масса тимуса – снижается). Все это сопровождается снижением ядерных клеток в селезенке и увеличением бластных клеток в тимусе [37].

Колбасин П.Н. (2013) при изучении влияния ЭМИ устройств мобильной связи на седиментацию эритроцитов, выявил снижение скорости оседания эритроцитов при воздействии на эритромассу ЭМП с частотой 1800 МГц, мощностью 1Вт/см². Также было установлено, что воздействие ЭМИ РЧ на кровеносную систему вызывает снижение уровня гемоглобина, количества эритроцитов в периферической крови, увеличение количества ядросодержащих клеток, снижение коэффициента полихроматофильных и нормохроматофильных эритроцитов, изменение клеточного метаболизма лейкоцитов, увеличение доли делящихся клеток [37].

Также было отмечено, что при многократном воздействии СВЧ- поля наблюдается повышение уровня катехоламинов в таламусе, гипоталамусе, особенно это касается норадреналина и дофамина [27].

В работе Рыхлова А.С. (2012) исследовали реакцию кроветворной системы животных (крыс и мышей) на внешние облучения по количеству и состоянию клеток костного мозга. Облучение производили в трех вариантах: жестким ионизирующим рентгеновским излучением; миллиметровыми волнами; совместно обоими видами. В результате было выявлено что, при облучении рентгеновскими лучами число клеток костного мозга уменьшилось до 50-60 % от исходного; при облучении миллиметровыми волнами – до 96-42 % от исходного [24].

1.3 Влияние ЭМИ на онтогенез биологических объектов.

1.3.1 Влияние ЭМИ на рост и развитие биологических объектов.

Исследования, связанные с изучением влияния ЭМИ на биологические объекты, ведутся более 50 лет. Воздействие ЭМИ на организм человека и животных приводит к развитию ответной реакции на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Процессы роста и развития организмов также восприимчивы к внешним воздействиям.

Г.А. Мороз в 2013 году с помощью весового метода и математического анализа изучала изменения массы тела и относительной массы надпочечников, тимуса и печени у 12 неполовозрелых крыс-самцов линии Вистар. Крыс подвергали систематическому воздействию электромагнитного излучения мобильного телефона в течение 60 суток. В результате исследования было обнаружено, что систематическое воздействие ЭМИ вызывает у животных отставание в наборе массы тела и

уменьшение относительной массы надпочечников, тимуса и печени крыс [18].

При сравнительном анализе результатов по морфометрическим показателям органов иммунной системы (тимус, селезенка) у самцов и самок СВА показал ряд изменений, которые сводились к снижению массы и индекса тимуса и селезенки. Установлено, что уменьшение массы органов иммунной системы у мышей начинается с 6-й недели после рождения и претерпевает двукратное снижение в возрасте от 1,5 до 9,0 месяцев. Помимо этого, наблюдалось и достоверное снижение количества ядерных клеток в тимусе на 35% у самцов и на 31% у самок мышей СВА опытных групп по отношению к контролю [19].

Русских М.Л. и соавторы в работе «Воздействие ЭМИ КВЧ - диапазона на растения Lemna и их применение в очистке сточных вод», проводили исследование воздействия ионов некоторых тяжелых металлов на растения ряска малая под влиянием электромагнитного излучения квазивысоких частот. Было установлено, что электромагнитное излучение повышает выживаемость растений в среде с тяжелыми металлами, стимулирует их рост и способность клеток поглощать токсиканты. При этом выявлено, что на выживаемость растений и поглотительную способность растительной мембраны влияют параметры излучения [23].

1.3.2. Влияние ЭМИ на поведение лабораторных животных.

Большой интерес для изучения влияния ЭМИ на биологические системы представляет анализ поведенческих изменений, возникающих в результате действия СВЧ на предполагаемые синаптические медиаторы. Многие поведенческие расстройства в результате действия СВЧ-поля на ЦНС могут быть связаны с нарушениями в нейромедиаторных системах. Среди множества возможных медиаторов, которые, как правило,

связывают с контролем за поведением, выделяют катехоламины: дофамин (ДА), диоксифенилаланин (ДОФА), норадреналин (НА), адреналин.

Сеин О.Б. (2012) в своей работе «Изменение в поведении животных под влиянием ЭМП и связь с уровнем катехоламинов в ЦНС» отмечает, что при многократном воздействии СВЧ- поля наблюдается повышение уровня катехоламинов в таламусе, гипоталамусе, особенно это касается норадреналина и дофамина. При этом многократное воздействие СВЧ-поля приводит к увеличению внутривидовой агрессии крыс. Агрессивное поведение может быть следствием как структурных и биохимических изменений в подкорке (повышение уровня катехоламинов), так и ослабления регулирующего влияния со стороны коры больших полушарий. Внутривидовую агрессию белых крыс изучали с помощью болевого раздражителя. Через 1 месяц воздействия СВЧ-полем ППЭ 10 мВт/см² число атак у крыс увеличивалось на 12%, через месяц восстановительного периода так же отмечалось повышенное число атак на 7%. Это свидетельствует об увеличении внутривидовой агрессии у белых крыс под влиянием многократного малоинтенсивного СВЧ-поля. После однократного СВЧ-воздействия ППЭ 100 мВт/см² 10-минутной экспозицией агрессия, вызванная болью (электрораздражением), снижается. Через 1 месяц восстановительного периода показатели животных опытной группы не отличались от контрольных животных. Животные, которые подвергались многократному малоинтенсивному воздействию, более агрессивны, чем животные, подвергнутые однократному воздействию СВЧ-полем высокой интенсивности [27].

При исследованиях Павловой Л.Н. (2013) однократное 30-минутное (300 мкВт/см²) импульсно-модулированное облучение крыс вызывало ухудшение условно-рефлекторной деятельности. Это объясняется негативным влиянием низкоинтенсивного импульсного широкополосного СВЧ-облучения на когнитивные функции мозга крыс. При облучении крыс ЭМИ в диапазоне интенсивностей, используемых в быту и мобильной

связи, при определённых модулирующих частотах, наблюдалось снижение уровня тревожности [20].

В работе Павловой Л.Н. (2013) представлено изучение влияния ЭМП на функциональное состояние высших отделов ЦНС крыс, а именно – на когнитивные функции мозга. Тестирование ЭМП основывалось на определении способности крыс к выработке и закреплению ассоциативных связей, лежащих в основе процесса обучения и воспроизведения выработанного навыка. С этой целью использовался метод условных рефлексов. Проведённые исследования выявили негативное влияние низкоинтенсивного импульсного широкополосного СВЧ-облучения на когнитивные функции мозга крыс [20].

Хиразовой Е.У. и соавторами (2012) установлено, что однократное двухчасовое воздействие электромагнитного излучения частотой 905 МГц (GSM-диапазон) на белых нелинейных крыс приводит у самок к повышению уровня тревожности, снижению локомоторной и ориентировочно-исследовательской активности, а у самцов к увеличению ориентировочно-исследовательской активности. Так же было отмечено увеличение у самцов и самок содержание глюкокортикоидов в плазме, и увеличение активности системы антиоксидантной защиты. Кроме срочных эффектов у крыс обоих полов регистрируется и отставленные эффекты облучения через 1 сутки после воздействия. Это свидетельствует о значимом влиянии облучения GSM-диапазона на поведение и на активность стрессреализующих и стресслимитирующих систем организма [35].

Эксперимент проведен на трехмесячных крысах линии Вистар и их потомках молодого половозрелого возраста. Взрослые самки – основная группа подвергалась воздействию низкоинтенсивного ЭМИ сантиметрового диапазона (1-10 см) с плотностью потока мощности до 3 мВт/ см² ежедневно по 4 часа в течение 1 месяца до беременности и в

течение всего периода беременности. Животные были разделены на группы по степени двигательной активности: 1-ая группа - низкая двигательная активность (НДА), 2-ая группа – средняя двигательная активность (СДА), 3-я группа – высокая двигательная активность (ВДА). Для оценки адаптивного поведения животных тестирование проводилось в течение 3-х дней в одно и то же время при помощи «Открытого поля». Регистрировались такие параметры: латентный период (время после высадки животного в круг, через которое начинается любая активность; амбуляция (горизонтальная двигательная активность); реринг (вертикальная двигательная активность); груминг (реакция умывания); дефекация (количество болюсов). В оценке биологического смысла основных характеристик поведения, регистрируемых в тесте «ОП», важное значение приобретает исследование динамики этих характеристик при повторении теста. При этом исходят из предположения, что при увеличении суммарного времени тестирования происходит адаптация животного к условиям эксперимента, уменьшается эмоциональная реакция страха и, следовательно, ее вегетативные и поведенческие проявления. У самок подгруппы СДА изменялась структура поведенческих реакций, что свидетельствует о повышении «эмоциональности» (увеличении уровня дефекации), наряду со снижением двигательной активности и повышением латентного периода дает возможность предположить, что для животных этой группы характерно пассивно - оборонительное поведение, т.е. «отказ от поиска». Для подгруппы с ВДА характеризовалось снижение латентного периода к третьему дню тестирования и снижению реакции груминга. Снижение амбуляции, частоты дефекации и реринга к третьему дню исследований свидетельствует об адаптации этой группы животных к незнакомой обстановке, но при этом снижение латентного периода говорит о нарушении корреляции латенция/амбуляция, можно предположить, что произошли «поломки» в адаптации к незнакомой обстановке или эти показатели перешли в новое качественное состояние.

На основе этого можно сделать выводы, что облучение ЭМИ в пренатальном периоде оказывает негативное влияние на поведенческие характеристики животных при их адаптации в незнакомой обстановке. Изменение структуры поведения можно охарактеризовать как замедление адаптации, нарушение корреляционных связей между показателями, преобладание пассивно-оборонительного варианта поведения, повышение тревожности, неспособности справиться с поставленной задачей.

Также важно отметить что, ЭМП дециметрового диапазона, обладает достоверным нейротропным эффектом, который сохраняется в течение 10 минут после экспозиции, а также отмечается снижение поведенческой реакции экспериментальных животных. Острые воздействия на экспериментальных животных переменного магнитного поля вызывают нарушения врожденного поведения, а влияние низкочастотных ЭМП способствует появлению у мышей поведенческих навыков [37].

По данным Бецкого О.В. (1998), облучение экспериментальных животных (белых крыс и мышей) в течение 40-50 дней по 10-15 мин не приводило к летальному исходу. Однако у них отмечали вялость, взъерошенность шерсти, отказ от пищи и питья в течение некоторого времени. У облученных животных снижалась резистентность организма к инфекциям [5].

Биологическое действие ЭМП было выявлено в исследованиях на разных объектах: как на лабораторных крысах и мышах, так и на беспозвоночных животных. Согласно данным Русских М.Л. (2011) установлено, что у беспозвоночных, в частности, жуков слабое ЭМИ (частота 36 ГГц и плотность потока энергии 100 мкВт/см^2) оказывало тормозное действие на поведение.

У лабораторной культуры одноклеточных гидробионтов инфузорий *Spirostomum ambiguum* после непрерывно генерируемого низкоинтенсивного электромагнитного облучения на частоте мобильной связи были обнаружены выраженные нарушения двигательной активности.

У крыс (самцов и самок) воздействие ЭМИ, отличающихся между собой как по характеристикам излучения, режимам подачи и срокам после окончания влияния фактора, проявлялось в основном угнетением психоэмоционального статуса, выражающимся снижением двигательной и исследовательской активности, а также увеличением уровня тревожности [23].

1.3.3 Влияние ЭМИ на репродуктивную функцию лабораторных животных.

В экспериментальных исследованиях отечественных и зарубежных ученых при воздействии ЭМП РЧ были выявлены реакции со стороны репродуктивной системы, которые характеризовались нарушением сперматогенеза, угнетением эмбриогенеза, снижением жизнеспособности потомства, формированием мутаций и полным прекращением репродуктивной функции у половозрелых животных. Также отмечается отдаленный эффект воздействия ЭМП РЧ, который проявляется в снижении числа активно подвижных сперматозоидов через 4 недели после облучения. У мышей после действия ЭМИ наблюдается достоверное снижение количества новорожденных мышей, повышение доли самцов в помете.

Таким образом, массовое распространение источников ЭМИ различных диапазонов, приводят к развитию адаптационных реакций в организме человека и животных на всех уровнях организации живой природы [30,31].

Бецкий О.В. (1993), в исследовании влияния ЭМП мм диапазона на мухах-дрозофилах, получил данные, свидетельствующие о том, что после облучения (15 и 60 мин) взрослые мужские и женские особи не погибали, внешне не было отмечено никаких изменений, а после скрещивания такие насекомые, как правило, давали нормальное потомство. Однако число

потомков у облученных родителей уменьшалось, плодовитость насекомых зависела от длины волны, на которой проводилось облучение, и времени воздействия. В первом поколении мутанты появлялись редко, наибольшее их количество отмечали во втором поколении после длительного воздействия излучения с длиной волны 6,5 мм [4].

На основе анализа первой главы можно сделать вывод, что в современном мире существует массовое распространение источников ЭМИ различных диапазонов, которые приводят к развитию адаптационных реакций в организме человека и животных на всех уровнях организации [5].

Глава 2. Организация и методы исследования

2.1. Организация исследования

В эксперименте использовали 25 мышей-потомков облученных животных линии СВА: 7 потомков животных, подвергшихся воздействию ЭМП с правой поляризацией, 6 потомков – ЭМП с левой поляризацией, 6 потомков – ЭМП с линейной поляризацией и 6 потомков – с ложным облучением. Исследованию подвергались самцы и самки в возрасте 1 года. Все мыши содержались в одинаковых условиях, на стандартном полноценном рационе, в оптимальных температурных условиях от +19 до + 20°С, в воде животных не ограничивали.

При морфометрическом исследовании использовались потомки 3 поколения облученных мышей до 30-ти дневного возраста.

Организация исследования проводилась согласно требованиям Приказа Минздравсоцразвития России от 23 августа 2010 г. N 708н «Об утверждении Правил лабораторной практики».

2.2 Тест «Открытое поле»

За основу берется круглая арена диаметром 90 см и высотой 30 см. В качестве пола используется лист белого пластика, на который нанесена решетка, делящая поле на 27 секторов [12].

Над ареной производится равномерное освещение лампой, расположенной на высоте 60 см над центром поля. Мышь помещаем в центр арены, предварительно определив ее пол, и наблюдаем за ее поведением в течение 5 минут визуально и при помощи видеокамеры. При

вступлении животного на новый квадрат обеими передними лапами регистрируем это действие. Число посещений 20-ти периферийных квадратов регистрируют отдельно от числа посещений 7 внутренних каналов. После 5 минут исследования, мышь возвращаем в клетку. Подсчитывается число болюсов, и после каждой пробы манеж очищаем от продуктов дефекаций и тщательно протираем.

Исследование проводилось в одно и то же время на протяжении 4 дней.

Наблюдения производились при помощи видеокамеры, размещенной над ареной.

С помощью программы RealTimer были обработаны полученные в ходе исследования видеозаписи. В результате формировался файл MS Excel, в котором, для каждого животного были рассчитаны следующие показатели:

Вертикальная активность:

- *Количество стоек* - количество подъемов на задние лапы с опорой и без опоры на стенку, а также в центре поля и на периферии.
- *Грумминг* - количество приближений передних лап ко рту и их облизывание, чистка передней части морды, тела, а также длительность груминга.

Горизонтальная активность:

- *Время движения* - суммарное время, в течение которого животное находилось в движении.
- *Количество пересеченных секторов арены* (число пересеченных линий по периферии и центру арены)
- *Время, проведенное в центральной зоне арены* – в круге с радиусом $\frac{1}{2}$ радиуса арены в центре арены. Также фиксируют *время пребывания в центре поля после начала теста*.

- *Количество обследованных «норок»* - отверстий в полу арены: обнюхивание краев отверстий и/или заглядывание внутрь отверстий [12].

2.3. Морфометрический метод исследования животных-потомков в III поколении

Длина туловища измерялась от кончика носа до основания хвоста при помощи сантиметровой ленты, вес измерялся на лабораторных весах ВЛТ с точностью измерения до 0,01 г. Оба показателя устанавливались в динамике в течение нескольких недель до 30-ти дневного возраста.

2.4. Метод математико-статистической обработки

При анализе данных вычисляли среднее значение показателей вертикальной и горизонтальной активности для каждой группы. Для сравнения результатов в экспериментальных группах использовали t-критерий Стьюдента, достоверным считали отличия при уровне значимости гипотезы $p \leq 0,05$. Результаты представлены в таблице в виде $M \pm m$, где M — среднее арифметическое, а m — ошибка средней.

Глава 3. Оценка влияния ЭМИ РЧ с различной поляризацией на поведение, рост и развитие лабораторных животных

3.1. Влияние ЭМИ на поведение лабораторных животных.

На I этапе эксперимента проводили исследование влияния ЭМИ на поведение лабораторных животных.

При изучении особенностей поведения у потомков животных, подвергнутых воздействию ЭМИ РЧ с различной поляризацией, были выявлены достоверные различия показателей вертикальной и горизонтальной активности мышей, облученных ЭМИ с право- и левосторонней поляризацией по сравнению с контрольной группой на вторые и третьи сутки.

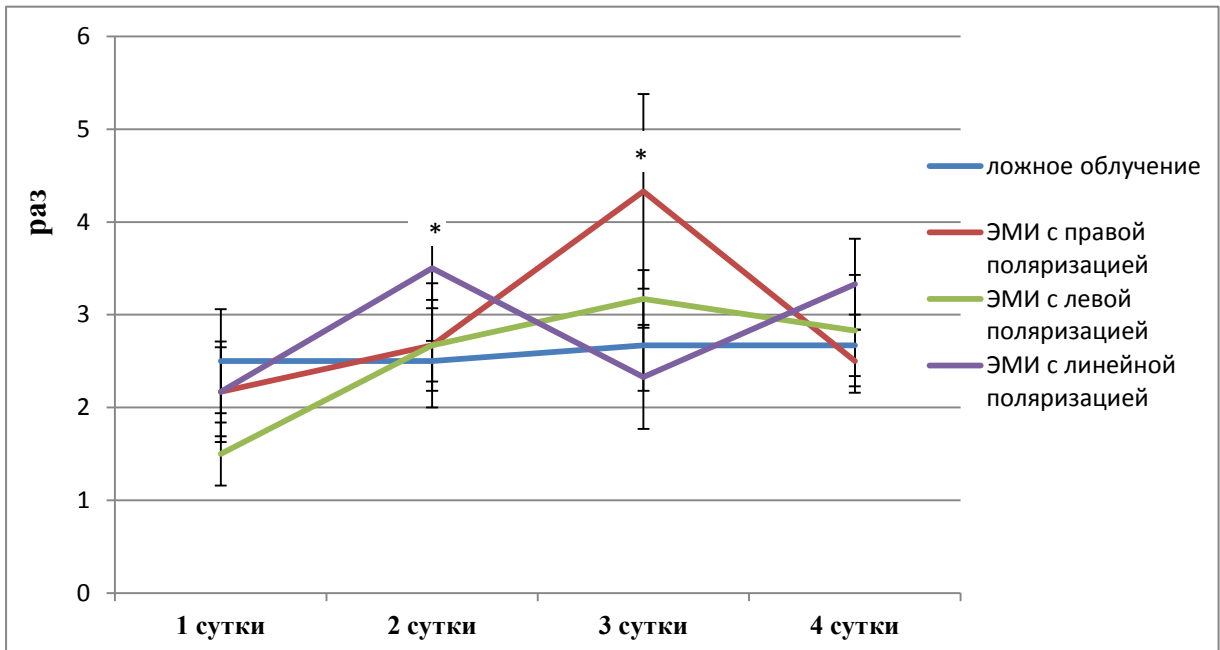


Рис. 1 Груминг экспериментальных групп животных, раз

Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

За период исследования установлено на 2-е и 3-и сутки достоверное увеличение реакций груминга в группе животных, подвергнутых воздействию ЭМП с правой и линейной поляризацией по сравнению с группой контроля как по количеству - в 1,8 и 1,4 раза соответственно (при $p \leq 0,05$), так и по продолжительности движений - в 4,3 и 1,7 раза соответственно (при $p \leq 0,05$) (рис.1). Это может говорить о повышении тревожности у экспериментальных животных. В группе мышей, подвергнутых воздействию ЭМИ с левой поляризацией, реакции груминга имеют однонаправленные изменения с группой контроля - увеличение показателя со 2-х по 4-е сутки эксперимента.

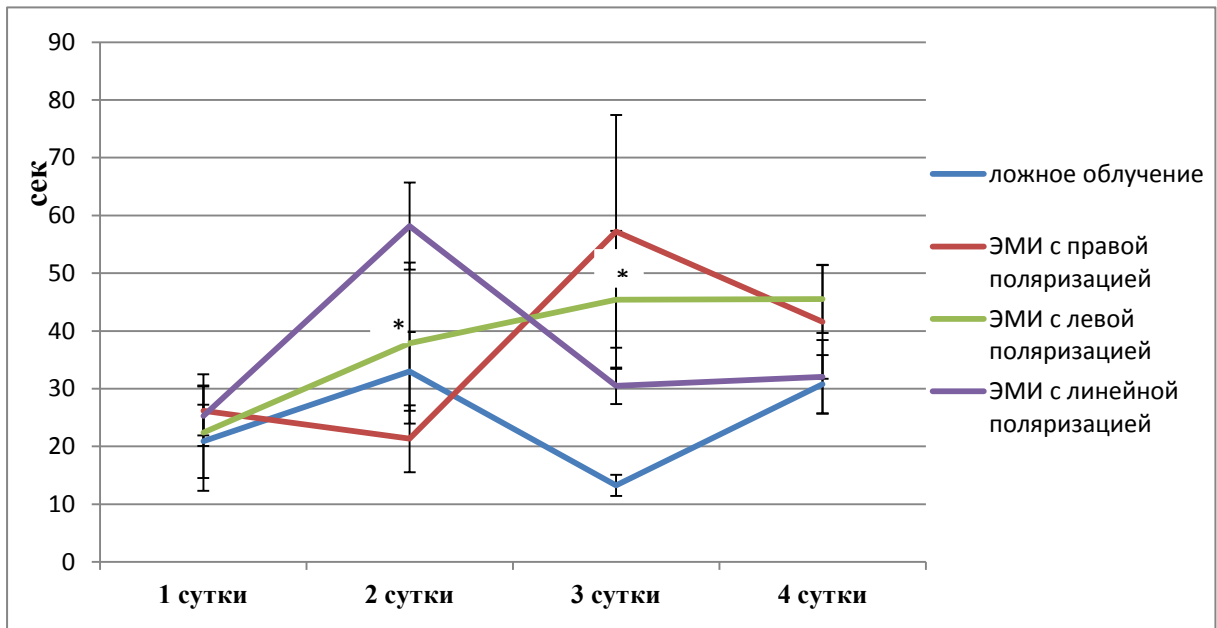


Рис 2. Груминг экспериментальных групп животных, сек (при $p \leq 0,05$)

Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

За период исследования у всех групп животных наблюдается тенденция увеличения длительности груминга по сравнению с контрольной группой мышей. Значительное увеличение длительности груминга наблюдается со 2-х суток исследования (рис. 2).

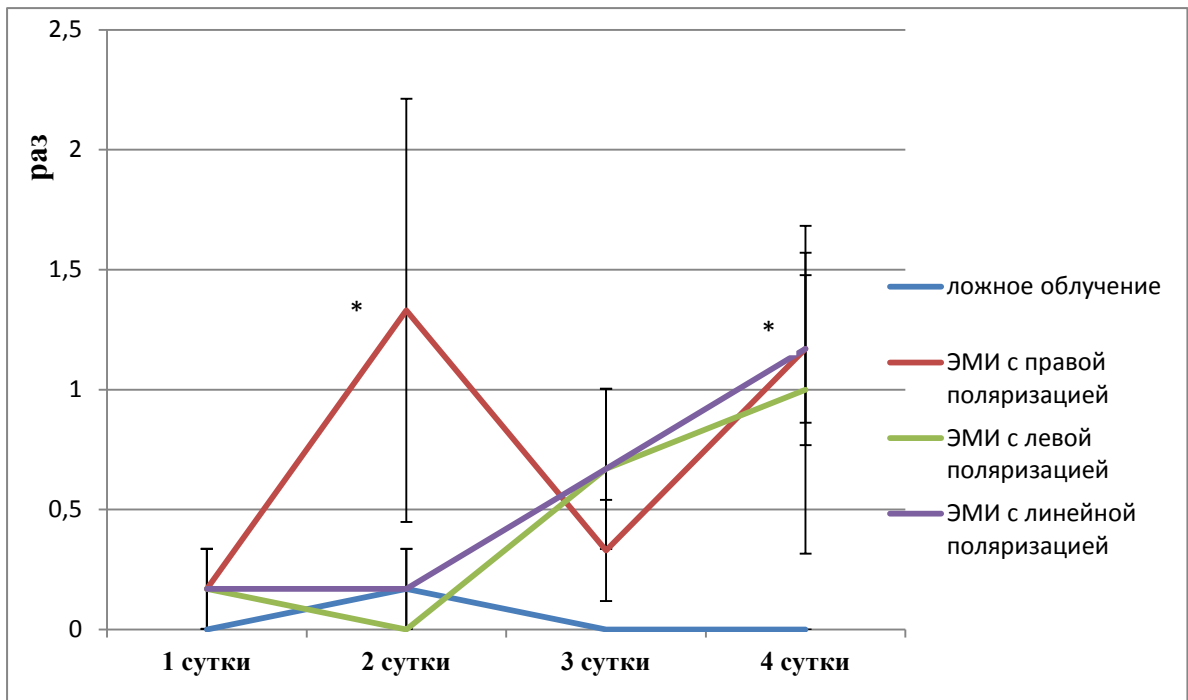


Рис. 3 Стойка без упора экспериментальных групп животных, раз
Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

Согласно данным (рис.3) установлено достоверное увеличение количества стоек без упора в группе животных, подвергнутых воздействию ЭМП с правой поляризацией в 7,8 раз (при $p \leq 0,05$) по сравнению с группой контроля.

В группах животных, подвергнутых воздействию ЭМИ с левой и линейной поляризацией, динамика количества стоек без упора имеет однонаправленное изменение. Увеличение данного показателя у животных опытных групп по сравнению с группой контроля наблюдалось со 2-х по 4-е сутки эксперимента.

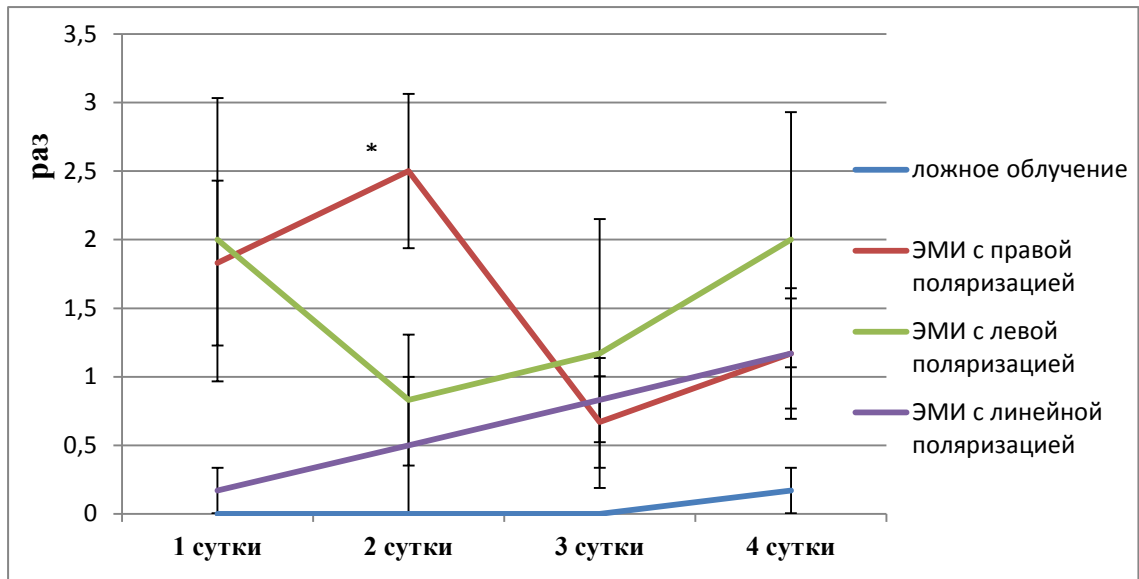


Рис. 4 Стойка с упором экспериментальных групп животных, раз

Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

При анализе показателей количества стоек с упором у животных 4-х экспериментальных групп установлено, что у мышей, подвергнутых воздействию ЭМИ с правой поляризацией отмечается достоверное увеличение показателя на 2-е сутки в 2,5 раза (при $p \leq 0,05$), по сравнению с группой контроля (рис. 4).

Также установлено увеличение показателя количества стоек с упором (вертикальная активность) у животных, подвергнутых ЭМИ с левой поляризацией с 1-х по 4-е сутки исследования и с линейной поляризацией со 2-е по 4-е сутки по сравнению с контрольной группой мышей.

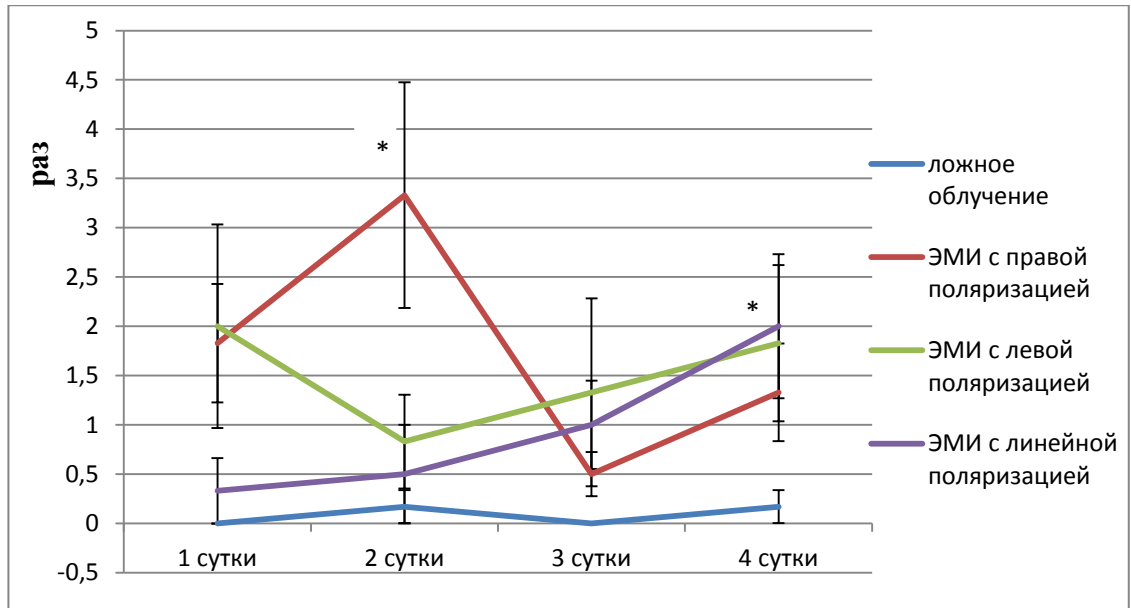


Рис. 5 Число периферических стоек у экспериментальных групп животных, раз

Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

При подсчете числа периферических стоек у экспериментальных групп животных было установлено достоверное увеличение числа периферических стоек в группе животных, подвергнутых воздействию ЭМП с правой поляризацией на второй день в 3,16 раза (при $p \leq 0,05$) по сравнению с группой контроля (рис. 5).

В группах животных, подвергнутых воздействию ЭМИ с левой и линейной поляризацией увеличение числа периферических стоек имеет однонаправленное изменение с группой контроля - увеличение со 2-х по 4-е сутки в 4,8 и в 2,9 раза соответственно (при $p \leq 0,05$) (рис. 5).

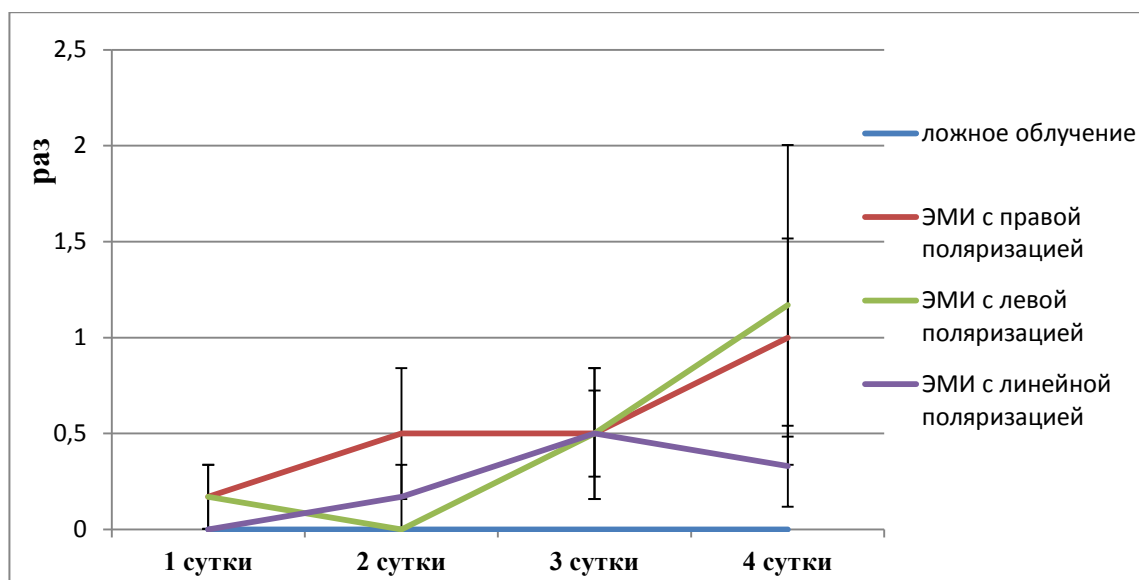


Рис. 6 Число центральных стоек экспериментальных групп животных, раз. Примечание: $*p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение».

Согласно рис.6 у животных, облученных ЭМИ РЧ с линейной поляризацией, с 3-х суток эксперимента отслеживается снижение числа центральных стоек. У животных, облученных ЭМИ РЧ с левой и правой поляризацией наблюдается изменение среднего показателя числа центральных стоек на 4-е сутки эксперимента с 0,17 до 1,17и с 0,17 до 1 соответственно (при $p \leq 0,05$) по сравнению с группой контроля.

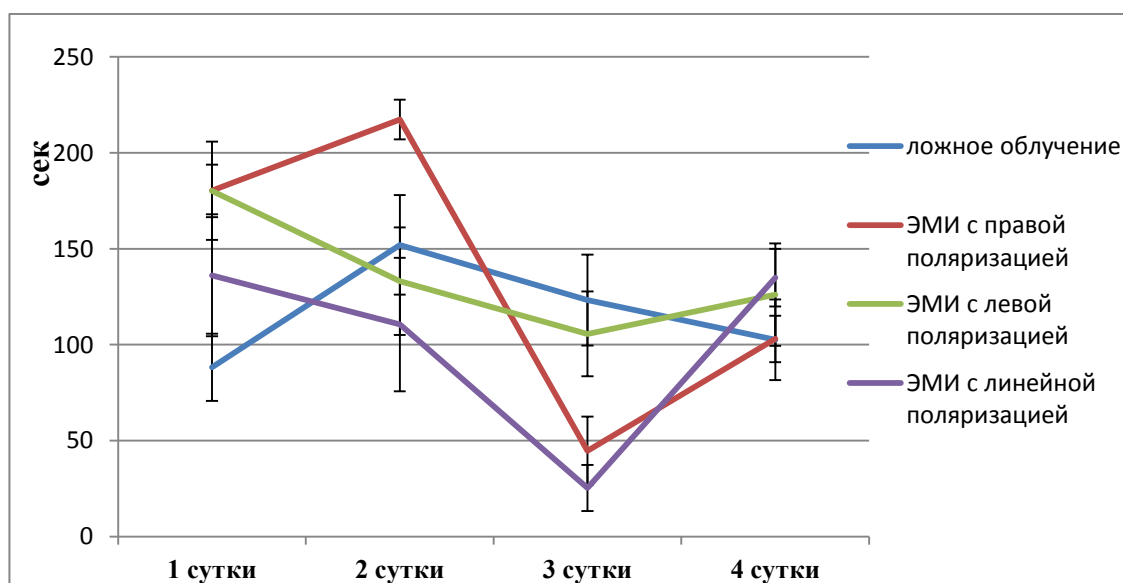


Рис. 7 Время движения экспериментальных групп животных, сек. Примечание: $*p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

За период исследования установлено, что время движения у животных опытных групп по сравнению с контрольной группой, снижается на 2 –3-и сутки эксперимента. Предполагается, что сокращение времени движения животных опытных групп связано с процессом адаптации к условиям эксперимента.

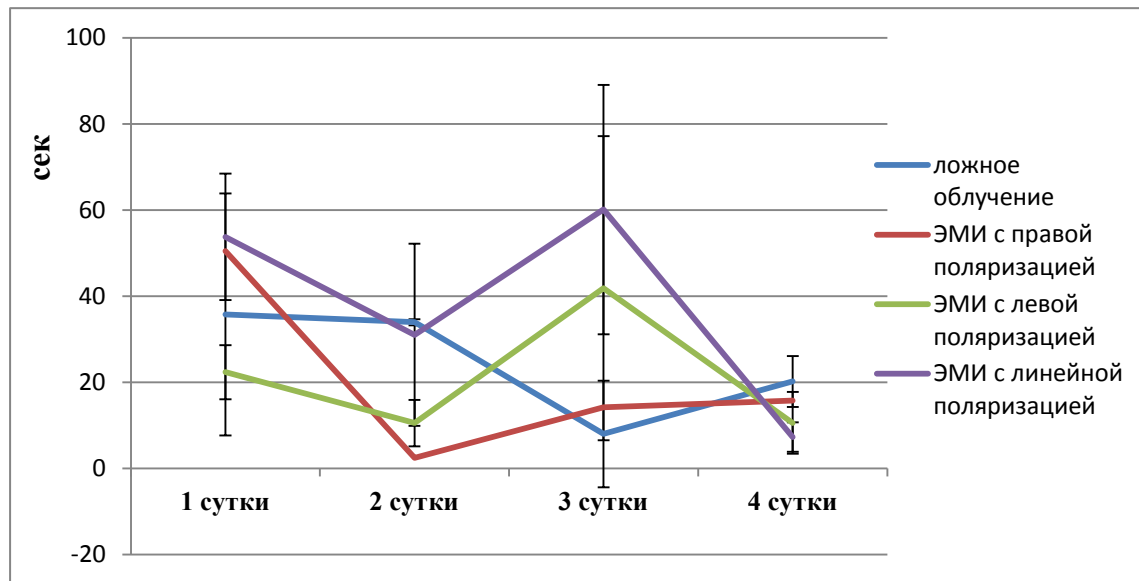


Рис. 8 Время пребывания в центре поля экспериментальных групп животных после начала теста, сек

Согласно графику (рис.8) наблюдается повышенная двигательная активность на 1-е и 2-е сутки во всех опытных группах. На 3-и и 4-е сутки отмечается снижение двигательной активности у животных, при этом они длительный период времени находятся в центре поля. Это говорит о снижении ориентировочно-исследовательской деятельности у животных, адаптации к условиям эксперимента.

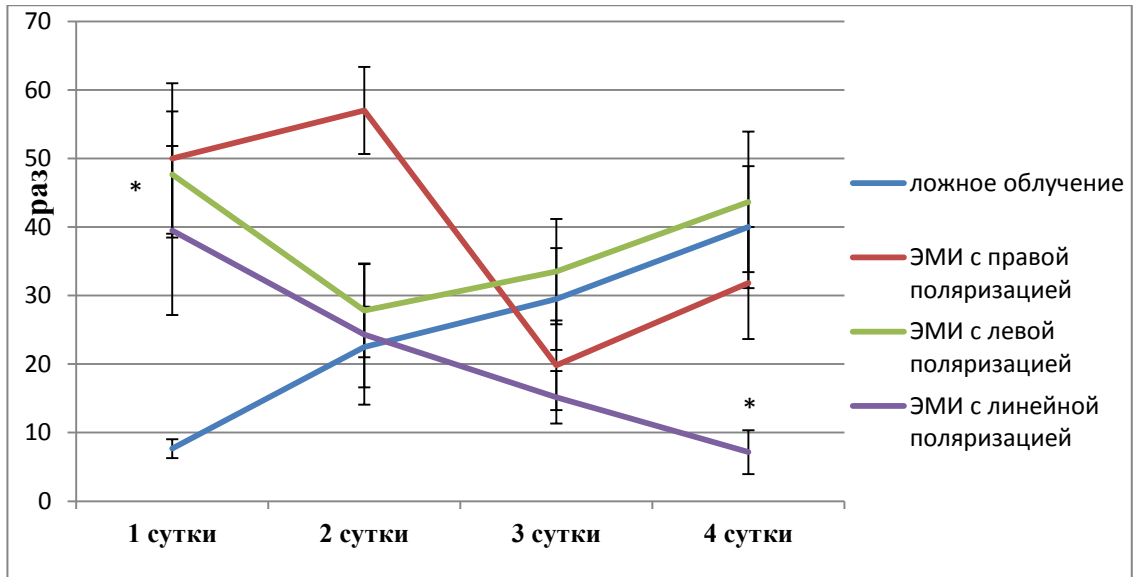


Рис. 9 Число пересеченных квадратов (секторов) экспериментальных групп животных, раз. Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

В период исследования установлено, что с 1-х по 2-е сутки наблюдалось увеличение числа пересеченных квадратов у животных всех экспериментальных групп, по сравнению с животными контрольной группы. Согласно данным (рис.9) в начале эксперимента (1-е и 2-е сутки) у животных опытных групп отмечался повышенный уровень тревожности, о чем свидетельствует высокая двигательная активность мышей СВА.

Начиная с 2-х суток, наблюдается тенденция снижения количества пересеченных квадратов в группах животных, подвергнутых ЭМИ с правой и линейной поляризацией в 2,5 и 1,08 раза соответственно (при $p \leq 0,05$). У животных, облученных ЭМИ с левой поляризацией наблюдалось однонаправленное изменение показателя с группой контроля - увеличение в 1,2 раза (при $p \leq 0,05$) на 4-е сутки эксперимента.

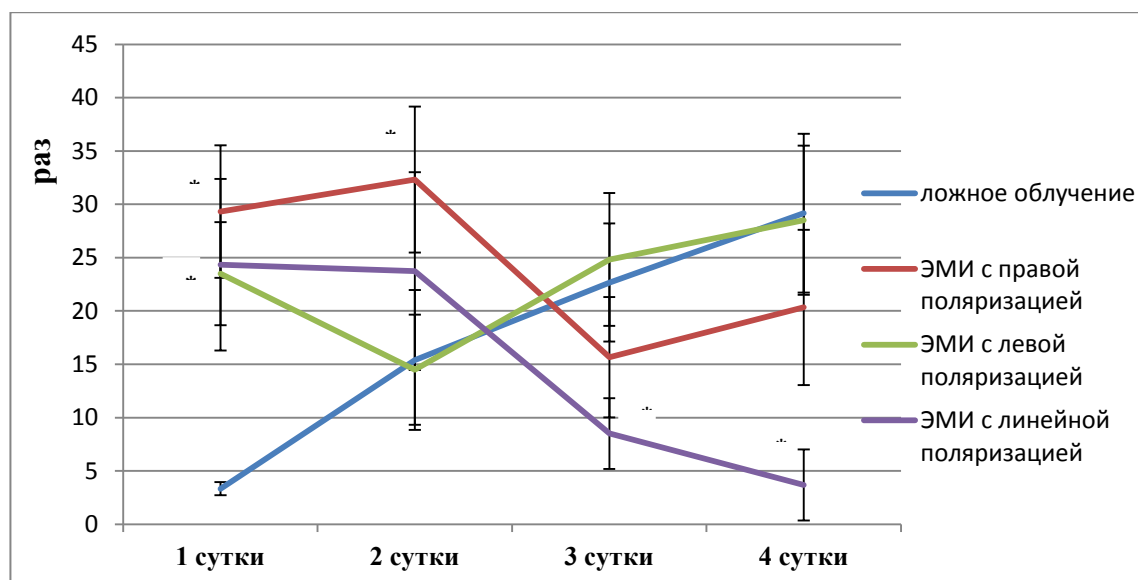


Рис. 10 Количество пересеченных периферических квадратов экспериментальных групп животных, раз. Примечание: $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение».

В период с 1-х по 2-е сутки у мышей всех экспериментальных групп наблюдалось увеличение числа пересеченных периферических квадратов по сравнению с животными контрольной группы (рис.10). На 2-е сутки эксперимента различия показателя у животных контрольной группы и мышей, облученных ЭМИ с линейной поляризацией, составила 38% (при $p \leq 0,05$); у животных, облученных ЭМИ с правой поляризацией, количество пересеченных периферических квадратов увеличилось в 2,1 раза (при $p \leq 0,05$) по сравнению с группой контроля.

Начиная со 2-х суток, наблюдается тенденция снижения количества пересеченных периферических квадратов в группах животных, подвергнутых ЭМИ с правой и линейной поляризацией на 31% и 63% ($p \leq 0,05$) соответственно на 3 сутки, а также на 31% и 88% ($p \leq 0,05$) на 4 сутки по сравнению с группой контроля («ложное облучение»). В группе животных, облученных ЭМИ с левой поляризацией, со 2-х по 4-е сутки эксперимента достоверных изменений исследуемого показателя по сравнению с группой контроля выявлено не было.

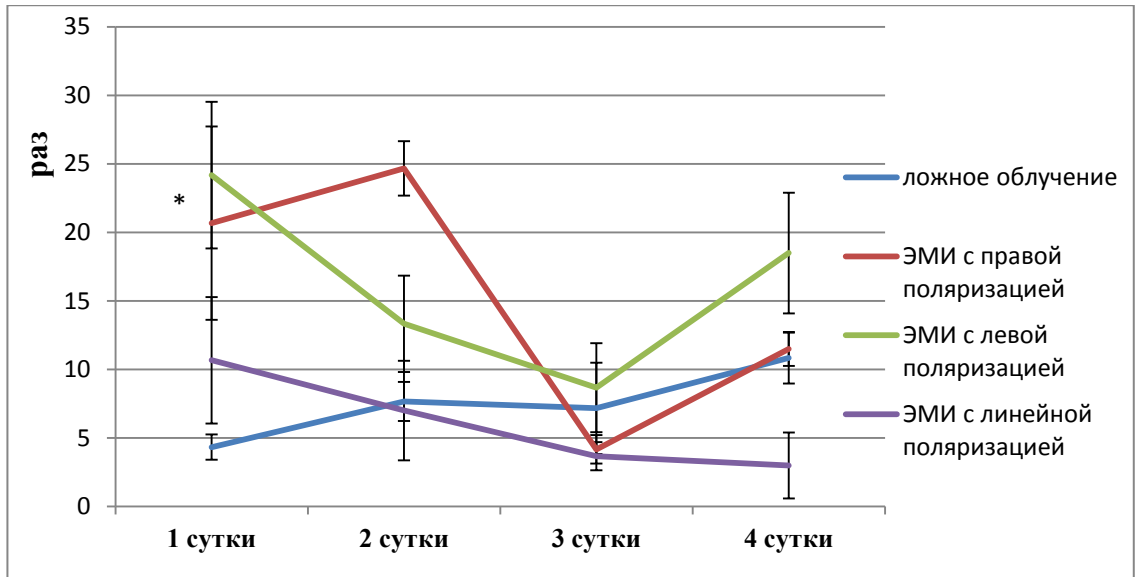


Рис. 11 Количество пересеченных центральных квадратов экспериментальных групп животных, раз. Примечание: * $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

Согласно данным (рис.11) наблюдается увеличение количества пересеченных центральных квадратов в группах животных, облученных ЭМИ с правой и левой поляризацией по сравнению с контрольной группой на 1-е сутки эксперимента в 4,7 раза и в 5,5 раза соответственно (при $p \leq 0,05$). Однако, количество пересеченных центральных квадратов, по сравнению с контрольной группой, значительно меньше в группе животных, подвергнутых ЭМИ с линейной поляризацией.

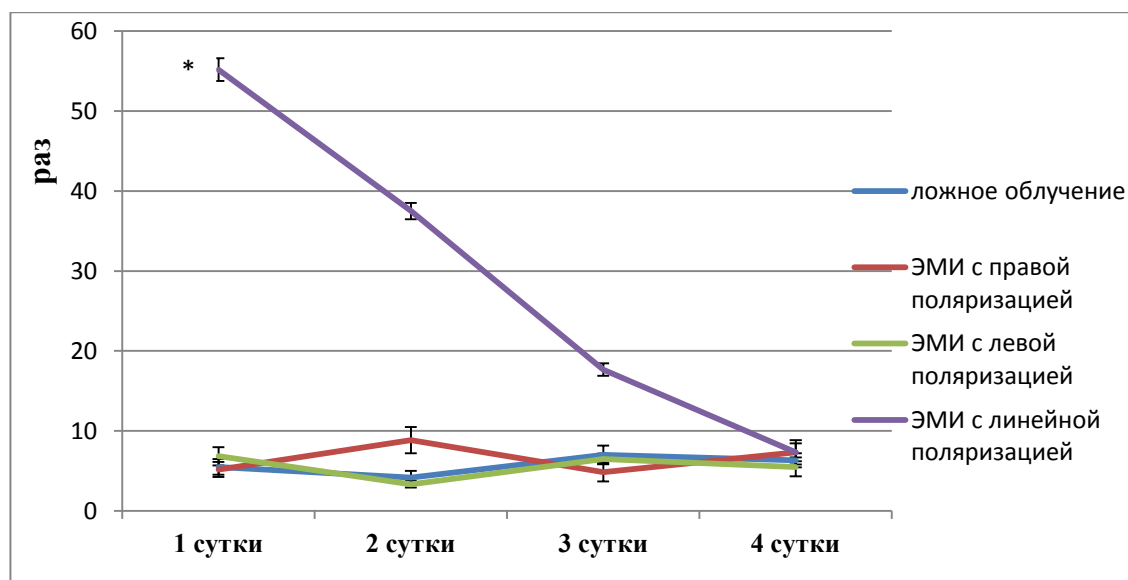


Рис. 12 Заглядывания в норки экспериментальных групп животных, раз. Примечание: $p \leq 0,05$ по сравнению с группой «ложное облучение»

По данным (рис. 12) в ходе исследования установлено, что наиболее выраженный эффект влияния ЭМИ на исследовательскую деятельность животных было отмечено у мышей, облученных ЭМИ линейной поляризации. В первые сутки исследования показатель заглядывания в норки у облученных животных (ЭМИ с линейной поляризацией) увеличился в 49,67 раза по сравнению с группой контроля (при $p \leq 0,05$).

Выводы по первому этапу исследования:

При проведении графического анализа было выявлено, что частота и длительность груминга в первые сутки исследования у животных экспериментальных групп имеют показатели ниже, чем у контрольной группы. Однако начиная со 2 суток и по 3 сутки, частота и длительность груминга увеличивается, что может говорить об активации стресса, повышенной тревожности. На 4-е сутки эксперимента показатели груминга у животных снижаются, это может свидетельствовать об адаптации животных к условиям эксперимента.

Показатель исследовательской активности у экспериментальных животных, кроме группы мышей, подвергнутых воздействию ЭМИ с линейной поляризацией, растет с первого дня эксперимента по сравнению с контрольной группой. Об этом свидетельствует увеличение количества стоек (без упора и с упором, центральных и периферических).

Вертикальная активность мышей характеризуется увеличением амбуляции и реринга, по динамике которых можно предположить о повышение уровня тревожности у лабораторных животных опытных групп, начинается со 2-х суток эксперимента.

Адаптация лабораторных животных к условиям эксперимента наблюдается на 3-и сутки эксперимента. Об этом свидетельствует сокращение времени двигательной активности экспериментальных животных по сравнению с контрольной группой на 3 сутки эксперимента, тогда как время пребывания животных в центре поля растет.

По данным исследования наиболее высокая двигательная активность отмечалась у животных, облученных ЭМИ правой поляризацией. Показатели этой группы превышают показатели не только контрольной группы, но и показатели остальных экспериментальных групп.

3.2 Влияние ЭМИ на рост и развитие лабораторных животных.

На втором этапе нашей работы, мы исследовали влияние ЭМИ с различной поляризацией на рост и развитие лабораторных животных-потомков облученных животных в III поколении. В результате проведенного морфометрического исследования достоверных различий в развитии потомков животных, подвергнутых ЭМИ с левой поляризацией, не выявлено, что подтверждено графиками (рис.13-14).

У потомков мышей, подвергнутых ЭМИ РЧ с правой и линейной поляризацией, с первой недели исследования отмечается снижение прироста массы и длины тела по сравнению с контрольной группой животных.

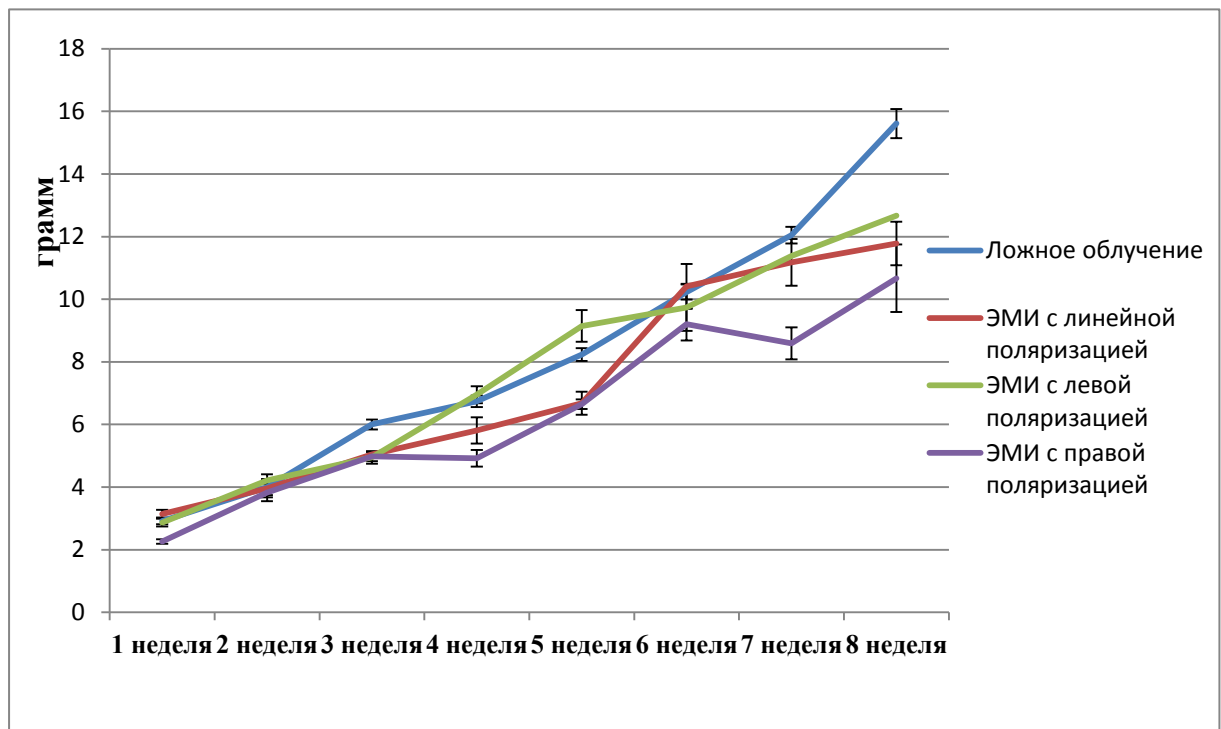


Рис.13 Динамика массы тела животных экспериментальных групп мышей, подвергнутых воздействию ЭМИ с различной поляризацией (при $p \leq 0,05$).

На первой неделе исследования снижение массы тела экспериментальных групп животных, подвергнутых ЭМИ с правой поляризацией, по сравнению с контрольной группой составляло 22,7%, на 4-ой неделе исследования-27,1%, на 6-ой неделе-10,1%, на 8-ой неделе - 31,65% (рис. 13). Разница между средним показателем прироста массы тела мышей между группой контроля (1,81 г) и группой мышей облученных ЭМИ с правой поляризацией (1,45 г) составляет 0,36 г. Прирост показателя на 7-ой неделе у группы мышей (ЭМИ с правой поляризацией) составлял 2,08г.

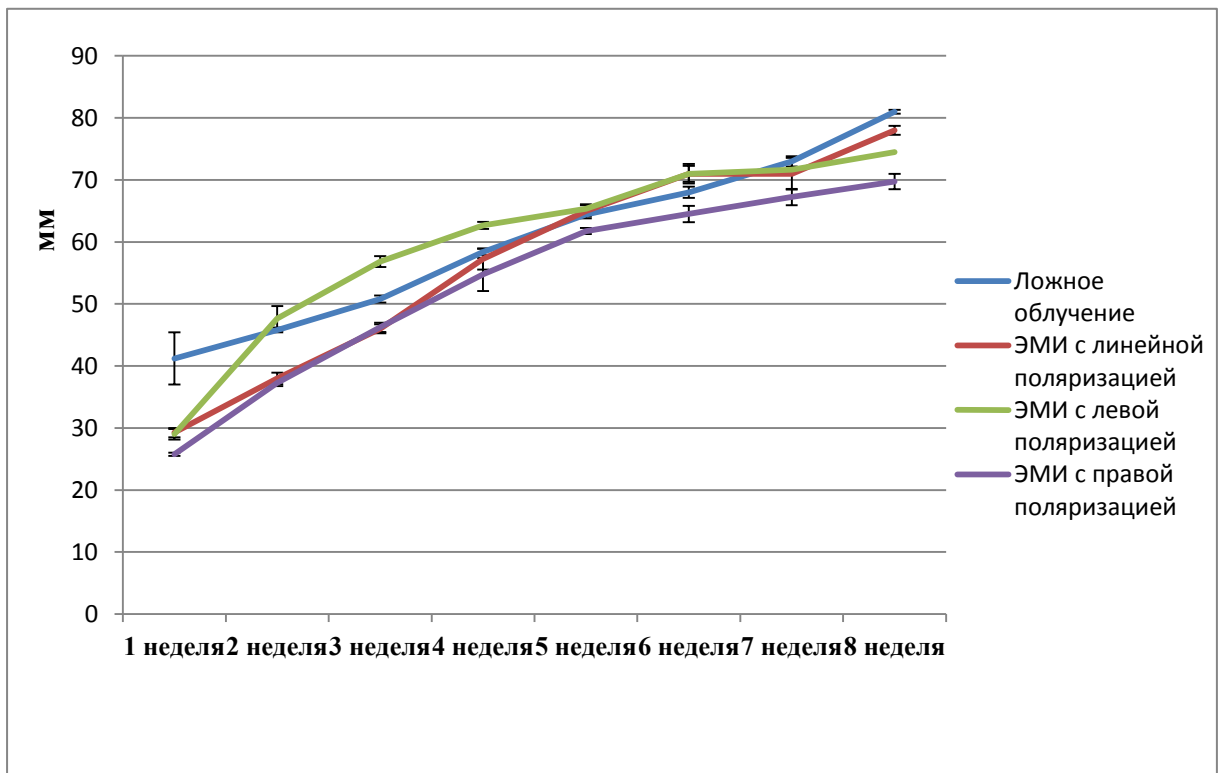


Рис.14 Динамика роста тела животных экспериментальных групп мышей, подвергнутых воздействию ЭМИ с различной поляризацией (при $p \leq 0,05$).

Изменения прироста длины тела экспериментальных животных в ходе всего морфометрического исследования представлены на рис. 14 (Прилож. № 1).

На первой неделе исследования снижение длины тела у животных, подвергнутых ЭМИ правой поляризации, по сравнению с группой контроля, составляла 37,5%, на 4-ой неделе исследования-6,25%, на 6-ой неделе-5,2%, на 8-ой неделе -13,9% (рис.14). Разница между средним показателем прироста длины тела мышцей между группой контроля (5,6 мм) и группой мышцей, облученных ЭМИ с правой поляризацией (6,2 мм) составляет -0,6 мм. Прирост показателя на 7-ой неделе у группы мышцей, облученных ЭМИ с правой поляризацией, составлял 2,5 мм.

В ходе исследования достоверных отличий в развитии (сроки появления шерстяного покрова и открытия глаз) потомства животных опытных групп по сравнению с группой контроля выявлено не было.

Вывод по второму этапу исследования:

В результате проведенного морфометрического исследования достоверных различий в динамике массы и длины тела потомков животных, подвергнутых ЭМИ РЧ с левой и линейной поляризацией, выявлено не было.

У потомков мышцей, подвергнутых ЭМИ РЧ с правой поляризацией, наблюдаются отдаленные эффекты воздействия ЭМИ на рост лабораторных животных. Достоверных отличий в развитии (сроки появления шерстяного покрова и открытия глаз) у животных опытных групп по сравнению с группой контроля выявлено не было.

Глава 4. Использование материалов исследования в педагогической практике.

В период прохождения производственной практики в МБОУ «СОШ №121» (г. Челябинск) с использованием теоретических материалов и результатов исследования были разработаны внеклассные мероприятия на темы «Влияние электромагнитного излучения на биологические системы» и «Определение степени взаимодействия учеников с источниками ЭМИ». Результаты исследования используются в образовательном процессе в МБОУ СОШ № 121 при преподавании учебного предмета «Экология», что подтверждено актом внедрения результатов ВКР в учебном процессе (Прилож. № 2).

На занятии рассматривались вопросы, касающиеся основных видов источников ЭМИ, их влиянию на организм человека, а также профилактике неблагоприятного действия ЭМИ на организм человека. Особое внимание было уделено изучению влияния ЭМИ РЧ на нервную систему, поведение человека и животных. Занятие сопровождалось демонстрацией основных методик исследования поведения лабораторных животных, подвергшихся ЭМИ РЧ.

В начале занятия было проведено анкетирование учащихся, благодаря которому можно было установить информированность учащихся об источниках ЭМИ, о способах защиты от ЭМИ, а также определить степень угрозы воздействия ЭМИ на учащихся в повседневной жизни (Прилож. № 3).

По результатам анкетирования было выявлено, что 52,4 % учащихся не знают мер безопасности и правил безопасной эксплуатации бытовых приборов и техники, являющихся источниками ЭМИ. 71,4 % школьников не соблюдают меры безопасности при работе с источниками ЭМИ. При

этом у 47,6% учащихся отмечается ухудшение общего состояния здоровья после работы за компьютером, что подтверждает необходимость изучения влияния ЭМИ на биологические системы.

План-конспект урока «Влияние электромагнитного излучения на биологические системы».

Цель занятия – изучить эффекты влияния ЭМИ на биологические системы, а также методы предупреждения и профилактики от возможных негативных действий ЭМИ на организм человека.

Задачи:

1) Изучить влияние ЭМИ на рост, развитие и поведение организмов на примере лабораторных животных с последующей экстраполяцией на организм человека.

2) Освоить формы и методы изучения влияния ЭМИ на биологические системы, а именно теста «Открытое поле» и морфометрический метод исследования.

3) Содействовать усвоению методов профилактики нежелательного действия ЭМИ в повседневной жизни.

Формы, приемы и методы работы: групповое занятие: диалог, дискуссия, мозговой штурм, индивидуальная работа, лабораторный практикум, анкетирование.

Категория участников: учащиеся 8-11 классов.

Материалы и оборудование: листы бумаги, ручки, компьютер, видеопроектор, экспериментальный объект-лабораторная мышь, документ –камера, линейка, лабораторные весы, плакаты с биополем человека, карточки с заданиями.

План занятия:

1. *Введение.* Обоснование актуальности занятия.

2. Основная часть:

Теоретическая часть: понятие ЭМИ, источники ЭМИ, действие ЭМИ на биологические системы и возможные последствия. Защита от нежелательных действий ЭМИ на организм человека в повседневной жизни.

Практическая часть: демонстрация основных методик изучения действия ЭМИ на биологические системы («Открытое поле», морфометрический метод исследования), работа с карточками, анкетирование.

3. Заключительная часть. Рефлексия занятия.

УУД.

1) Личностные:

- самоопределение
- смыслообразование (соотношение цели действия и его результата)

2) Познавательные:

- умение поставить учебную задачу, выбрать способы и найти информацию для её решения, уметь работать с информацией, структурировать полученные знания

3) Регулятивные:

- составление рекомендации по безопасному использованию источников ЭМИ.

Ожидаемые результаты:

- усвоение основных знаний, касающихся влияния ЭМИ на биологические системы и последствий его действий.
- освоение методов исследования влияния ЭМИ на биологические системы.
- разработка методов и форм профилактики, защиты от вредного действия ЭМИ в повседневной жизни.

Выводы

Для решения поставленных задач данной работы нами было организовано и проведено экспериментальное исследование, по результатам которого сделаны следующие выводы:

1. У потомков животных, подвергнутых воздействию ЭМИ РЧ диапазона с различной поляризацией, наблюдаются отдаленные эффекты воздействия данного фактора на поведение экспериментальных животных. У животных опытных групп отмечаются изменения горизонтальной (время движений, количество пересеченных квадратов) и вертикальной (груминг) активности, исследовательской деятельности (количество стоек, заглядывания в норки) в зависимости от модели облучения. Наиболее выраженный эффект влияния ЭМИ на поведение наблюдался в группе животных, которые являлись потомками мышей, облученных ЭМИ с правой поляризацией.
2. По результатам исследования установлено, что у потомков мышей, подвергнутых ЭМИ РЧ с различной поляризацией, наблюдаются отдаленные эффекты воздействия ЭМИ на рост лабораторных животных, что подтверждается снижением прироста массы и длины тела лабораторных животных. Наиболее выраженные изменения морфометрических показателей наблюдались у потомков животных, облученных ЭМИ с правой поляризацией. У животных опытных групп достоверных отличий в развитии (сроки появления шерстяного покрова и открытия глаз) по сравнению с группой контроля выявлено не было.
3. Результаты исследования были использованы для разработки учебного занятия в рамках дисциплины «Экология», что подтверждено актом внедрения результатов ВКР в учебном процессе .

Список литературы:

1. Андреев, Е.А. Реакция организма человека на электромагнитное излучение миллиметрового диапазона/ Е.А. Андреев, М.У. Белый, С.П. Ситько // Вестник АН СССР. – 1985. - № 1. – С.24-32.
2. Андреев, С.С. Влияние электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на когнитивную функцию у крыс. – 2009. - №4.– 134 с.
3. Ахиезер, А.И. Электромагнетизм и электромагнитные волны / А. И. Ахиезер, И. А. Ахиезер// Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 504 с.
4. Бецкий, О. В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии / О. В. Бецкий, Н. Д. Девятков, В. В. Кислов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – № 4. – С. 5–9.
5. Бецкий, О. В. Миллиметровые волны в биологии и медицине (обзор) / О. В. Бецкий // Радиотехника и электроника. – 1993. – Т. 38. – № 10. – С. 3–10.
6. Измеров, Н.Ф. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль/ Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов// Вредное воздействие электромагнитных излучений и полей радиочастот на здоровье работников. – М.: Медицина. – 2003.
7. Исмиев, А.Э. Рентгеновское излучение и его применение в медицине/ А.Э. Исмиев// Лучевая диагностика и лучевая терапия. – 2016. – № 6. – С. 1186-1187.
8. Казначеев, В.П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей/ В.П. Казначеев, Л.П. Михайлова// – Новосибирск: Наука. –1985. – С. 182.

9. Козелкин, В. В. Основы инфракрасной техники/ В.В. Козелкин, И.Ф.Усольцев// Машиностроение. –1974г. – 336 с.
10. Крауфорд, Ф. Берклеевский курс физики. — Издание 3-е, исправленное. — М.: Наука. — Т. III. Волны. –1984. — С. 512.
11. Кураев, Г.А. Влияние электромагнитных излучений персональных компьютеров на организм человека /Г.А. Кураев, В.Б. Войнов, Ю.Н. Моргалев //Вестник Томского государственного университета. –2000. –№ 269. – С. 8-14.
12. Лебедев, И.В. Анализ поведения мышей линии С57BL/6 в аренах «открытого поля» разного размера / И.В. Лебедев, М.Г. Плескачева, К.В. Анохин // Журнал высшей нервной деятельности – 2012. – Т. 62, № 4. – С. 485-496.
13. Ленькин, А.А. Физиологическое состояние организма животных при действии электромагнитных излучений СВЧ и УФ диапазонов/ А.А. Ленькин// Физиология. – 2007. – ВАК РФ 03.00.13.
14. Лифанова, Р.З. Состояние естественной резистентности крыс при внутривенном введении физиологического раствора, подвергнутого воздействию электромагнитного излучения крайне высоких частот/ Р.З. Лифанова, О.Г. Петрова//Аграрное образование и наука. – 2015. –№ 1. –С. 7.
15. Матюшонок, Н.С. Биологическое действие гамма-излучения/Н.С. Матюшонок, В.С. Князев // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С. 120-120.
16. Михайлов, Д.В. Влияние ультрафиолетового излучения на здоровье/ Д.В. Михайлов, С.А. Яковенко// Научные труды SWorld. – 2013. –Т. 12. –№ 3. – С. 96-98.
17. Мороз, С.К. Физические основы защиты информации/ Морозов С.К.// учебное пособие. Санкт-Петербург. – 2015. –С. 6-43.
18. Мороз, Г.А. Изменения массы тела и органов разных систем организма при адаптации к систематическому воздействию

электромагнитного излучения / Г.А. Мороз//Український морфологічний альманах. – 2013. – Том 11, № 1. – С. 124-125.

19. Овчинникова, А.В. Отдаленные эффекты воздействия электромагнитного излучения радиочастотного диапазона на органы иммунной системы экспериментальных животных/ Овчинникова А.В. //Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2015. – № 5. – С. 166-172.

20. Павлова, Л.Н. Влияние низкоинтенсивного широкополосного импульсно-модулированного ЭМП на когнитивные функции мозга крыс/ Л.Н. Павлова, Л.П. Жаворонков, Б.В. Дубовик// Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2013. – Т. 22. – № 2. – С. 91-100.

21. Пресман, А.С. Электромагнитные поля в биосфере/ А.С. Пресман// Знание. – 1971. – С. 64.

22. Прокофьева, Н.Б. К вопросу об экологичности различных источников электромагнитного излучения// Н.Б. Прокофьева, К.С. Болатбекова// Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. – 2015. – № 23. – С. 228-232

23. Русских, М.Л. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ-диапазона на растения Lemna M. И их применение в очистке сточных вод/ М.Л. Русских, О.А. Арефьева, Л.Н. Ольшанская// Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. –Т. 4. – № 2 (60). – С. 341-344.

24. Рыхлов, А.С. Разработка методов защиты репродуктивного здоровья животных электромагнитным излучением крайне высокой частоты миллиметрового диапазона/ А.С. Рыхлов // Диссертация на соискание ученой степени доктора ветеринарных наук ФГОУВПО "Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии". – Москва. – 2012.

25. Седов, Д.С. Влияние электромагнитного излучения, создаваемого мобильными устройствами, на здоровье человека/ Д.С. Седов, В.И. Махина В.И, М.Н. Иванченко// Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2012. – Т. 2. – № 11. – С. 918-919.

26. Седов, Д.С. Влияние электромагнитного излучения, создаваемого персональным компьютером, на здоровье человека/ Д.С. Седов, В.И. Махина, М.Н. Иванченко// Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2012. – Т. 2. – № 11. – С. 920-922.

27. Сеин, О.Б.Изменение в поведении животных под влиянием электромагнитного поля и связь с уровнем катехоламинов в центральной нервной системе/ О.Б. Сеин, В.В. Лёшин, И.О. Борисов// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. –2012. – Т. 2. – № 2. – С. 109-111.

28. Сердюк, А.М. Взаимодействие организма с ЭМП как фактором окружающей среды/ А.М. Сердюк// Киев: Наукова думка. – 1977. – С. 228.

29. Слукин, В.М. Техногенные электромагнитные излучения как фактор экологии населенных пространств/ В.М. Слукин// Академический вестник УралНИИ проект РААСН. – 2010. – № 4. – С. 112-116.

30. Субботина, Т.И. Экспериментальное исследование воздействия на репродуктивную функцию мышей высокочастотного нетеплового электромагнитного излучения/ Т.И. Субботина //Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. XIII. – № 1. – С. 154–155.

31. Субботина, Т.И. Изменения в сперматогенезе млекопитающих при воздействии низкоинтенсивного КВЧ-излучения/ Т.И. Субботина // Вестник новых медицинских технологий. –2006. – Т. XIII. – № 1. – С. 158–160.

32. Сыромятников Ю. П. Электромагнитные поля персонального компьютера и гигиеническая регламентация их действия / Ю. П. Сыромятников, А. А. Азевич // Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине: тез. междунар. конгр. - СПб. 1997. - С. 220.

33. Ульянов, А.Н. Ультрафиолетовое излучение для дезинфекции питьевой воды/ А.Н. Ульянов// Водочистка. –2008. – № 6. –С. 10-13.
34. Феоктистова, Т.Г. Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие / Т.Г. Феоктистова, О.Г. Феоктистова, Т.В. Наумова// - М.: НИЦ Инфра-М. –2013. – С.382.
35. Хиразова, Е.Э. Влияние ЭМИ GSM-диапазона на некоторые физиологические и биохимические характеристики крыс/ Е.Э. Хиразова, А.А. Байжуманов А.А, Л.К.Трофимова, Л.И. Деев, М.В. Маслова, Н.А.Соколова, Н.Ю.Кудряшова// Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2012. – Т. 153. – № 6. –С. 791-794.
36. Шафигуллин, Р.И. Экологическая безопасность городской среды при воздействии электромагнитных полей/ Р.И. Шафигуллин, В.Н. Куприянов// Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 1. – С. 171-181.
37. Шибкова Д.З. Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем/ Д.З. Шибкова, А.В. Овчинникова// Успехи современного естествознания. – 2015. –№ 5. – С. 156-159.
38. Шилкова, Т.В. Особенности действия электромагнитного поля дециметрового диапазона на систему крови экспериментальных животных в период беременности/ Т.В. Шилкова // Вестник ЧГПУ. – 2011. – № 7. – С. 335–342.
39. Эйди, У.Р. Электромагнитное загрязнение планеты и здоровье/ У.Р. Эйди, Х. Дельгадо, Ю.А. Холодов // Наука и человечество: Международный ежегодник. М., – 1989. – С .10-18.
40. ГОСТ 8.332-78.Государственная система обеспечения единства измерений. – Москва: Изд-во стандартов, 2014.
41. Ivinkis A. A study of validity of open-field measures // Austral. J. Psychol. - 1970. - Vol. 22. - P. 175-183 с.

Приложение 1.

Таблица 2.

Изменения прироста массы и длины тела лабораторных животных в ходе морфометрического исследования.

Недели	Масса тела (г)		Рост тела (мм)	
	Ложное облучение	ЭМИ с правой поляризацией	Ложное облучение	ЭМИ с правой поляризацией
1	2,92±0,11	2,26±0,07	41,2±4,21	25,75±0,25
2	4,00±0,25	3,83±0,28	45,8±0,37	37,25±0,48
3	6,00±0,16	4,98±0,15	50,8±0,58	46,25±0,75
4	6,74±0,18	4,92±0,26	58,4±0,51	54,75±2,66
5	8,23±0,20	6,65±0,16	64,4±0,60	61,75±0,48
6	10,23±0,24	9,2±0,51	68±0,89	64,5±1,32
7	12,05±0,27	8,59±0,51	73±0,84	67,25±1,31
8	15,61±0,47	10,67±1,08	81±0,32	69,75±1,25

Примечание: * - достоверные различия при $p \leq 0,05$.

Приложение 2.
АКТ внедрения ВКР.

Приложение 3.

Анкета «Информированность учащихся об источниках ЭМИ и о способах защиты от ЭМИ».

Укажите ваш пол _____, укажите ваш возраст _____

1. Знаете ли Вы, что компьютерная техника, мобильные телефоны, микроволновые печи, телевизоры и другая бытовая техника, являются источниками электромагнитного излучения и при повышении допустимой нормы излучения, опасны для вашего здоровья?

а) да б) нет

2. Как часто Вы сидите за компьютером

а) каждый день

б) 2-3 раза в неделю

в) изредка

г) другие варианты

3. Сколько времени Вы проводите за компьютером

а) 1 час б) 2 часа в) 3 часа г) более 3 часов д) менее часа

4. Какую работу Вы выполняете за компьютером

а) в учебных целях

б) играете в компьютерные игры

в) сидите в интернете

г) другие варианты

5. Соблюдаете ли Вы правила работы за компьютером

а) да б) нет

6. Как влияет компьютер на Вашу успеваемость в школе

а) оценки лучше

б) оценки хуже

в) иногда компьютер помогает, иногда мешает учебе

г) никак не влияет

7. Считаете ли Вы, что сидение за компьютером влияет на ваше здоровье

а) да б) нет

в) затрудняюсь ответить

8. Если да, то беспокоит ли Вас ухудшение вашего здоровья после работы за компьютером

а) да б) нет

9. Что Вы чувствуете после работы за компьютером

а) болит голова

б) болят или хуже видят глаза

в) головокружение

д) болит спина

е) болят или немеют руки

ж) другие варианты

10) Есть ли у вас мобильный телефон?

а) да б) нет

11) Сколько часов в день Вы используете мобильный телефон?

а) менее часа б) час в) более часа

12) Какова средняя продолжительность одного разговора по сотовому телефону?

13) Знаете ли Вы меры безопасности при работе с сотовым телефоном?

14) Применяете ли Вы меры безопасности при работе с сотовым телефоном?