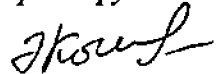


*На правах рукописи*



**Кочиева Элина Романовна**

**ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ  
ЧАСТОТЫ**

**03.00.32. – биологические ресурсы**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

**Владикавказ -2006**

**Работа выполнена в Северо-Осетинском государственном университете  
им. К.Л. Хетагурова**

**Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор  
Доева Аля Николаевна**

**Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор  
Калабеков Артур Лазаревич  
кандидат биологических наук  
Кокаева Ирина Юрьевна**

**Ведущая организация: Кабардино-Балкарский государственный  
университет им. Х.М. Бербекова.**

**Защита состоится « 21 » декабря 2006 г. в 10 час. на заседании  
диссертационного совета К 220.023.02 при ФГОУ ВПО «Горский  
государственный аграрный университет» по адресу: 362000, РСО – Алания,  
г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, Горский ГАУ, факультет биотехнологии и  
стандартизации, компьютерный зал.**

**Тел./факс (8-8672) 53-99-26**

**С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО  
«Горский государственный аграрный университет».**

**Автореферат разослан «21» ноября 2006 г.**

**Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат биологических наук, доцент**



**З.Л. Дзищоева**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Проблема электромагнитной безопасности населения приобрела в настоящее время социальное, а, следовательно, и государственное значение. Большинство населения фактически живет в весьма сложном электромагнитном поле (ЭМП), которое становится все труднее и труднее характеризовать, а интенсивность которого многократно превосходит уровень естественного магнитного поля и резко отличается по своим характеристикам от полей естественного происхождения.

К настоящему времени накоплено большое число данных, указывающих на неблагоприятное влияние ЭМП на биологические объекты.

Многочисленные экспериментальные данные, как отечественных, так и зарубежных исследователей, свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей практически всех участков радиочастот.

Несмотря на значительное число опубликованных работ, характеризующих влияние электромагнитных полей диапазона радиочастот на организм человека и животных, вопросы, касающиеся воздействия на организм ЭМП изучены недостаточно (Григорьев Ю.Г., Григорьев О.А., Бигелдей Е.П. 2003). Возникла необходимость в исследовании биологического действия ЭМП на организм живых объектов с целью выяснения характера и степени выраженности реакции в зависимости от параметров поля: индукции, межимпульсного интервала.

Однако механизм особой чувствительности крови к ЭМП во многом остается еще не исследованным.

Выявления расстройств здоровья у населения, проживающего в условиях электромагнитных излучений, являются чрезвычайно важной практической и теоретической проблемой при определении степени неблагополучия территории. Не менее важной задачей является поиск путей снижения отрицательных последствий электромагнитных излучений.

Электромагнитная обстановка на территории г.Владикавказ отягощается с каждым годом за счет увеличения мощностей существующих объектов с электромагнитными полями и появления новых, располагающихся в непосредственной близости друг от друга. Это способствует генерированию сложных электромагнитных полей в результате отражения и переизлучения энергии при наведении или наложении нескольких источников электромагнитных полей.

Особое внимание следует обращать при этом на сочетанное и комбинированное воздействие нескольких источников электромагнитных полей на население г.Владикавказ.

Все выше сказанное определяет актуальность работы, теоретическую и практическую значимость рассматриваемых в ней проблем.

В связи с изложенным целью работы является оценка действия ЭМИ на показатели периферической крови лабораторных животных и населения г.Владикавказ.

**Объектами исследования** явились лабораторные животные (белые крысы линии «Wistar») и человек как целостное, системное образование в условиях длительного проживания в экологически неблагоприятной среде обитания (в зоне электромагнитных излучений).

**Задачи исследования:**

1. Изучить изменения показателей периферической крови белых крыс линии «Wistar» на электромагнитные воздействия.
2. Выявить влияние электромагнитных излучений, генерируемых телевизионной мачтой РСО-Алания, на показатели периферической крови различных возрастных групп населения.
3. Обосновать необходимость разработки методов защиты населения, проживающих и работающих в условиях электромагнитного антропогенного пресса.
4. Дать практические рекомендации по защите населения от электромагнитных излучений.

**Научная новизна исследования.** Впервые дана комплексная оценка реакции показателей периферической крови белых крыс линии «Wistar» и населения г. Владикавказа на воздействие ЭМИ. Выявлено негативное влияние электромагнитных излучений, превышающих предельно допустимые уровни, на функциональные возможности лабораторных животных и организм детей, взрослых и стариков, ведущее к значительным изменениям в показателях периферической крови.

Впервые установлено, что возраст 7 и 70 лет - критический в реактивности организма человека на хроническое воздействие электромагнитного излучения.

Впервые проведено клинико-статистическое исследование амбулаторных карт населения в зависимости от мест расположения источников электромагнитных полей, и даны научно обоснованные рекомендации по проведению защитных мероприятий.

**Основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту:**

1. Выявлены изменения в показателях периферической крови биологических объектов (человек, крысы линии «Wistar»), индуцированные электромагнитными излучениями промышленной частоты в зависимости от дозы и схемы воздействия у лабораторных животных и времени проживания людей в зоне электромагнитных излучений.

2. Экспериментально доказаны закономерности изменения в изучаемых тест-системах количества лейкоцитов, эритроцитов, СОЭ в зависимости от времени действия ЭМИ.

3. Полученные данные об активности ферментов антиоксидантной системы (холинэстеразы, каталазы, сукцинатдегидрогеназы) в зависимости от физиологического состояния организма и в условиях ЭМИ.

4. Выявлены видовые, возрастные и половые особенности реакции организма на действие ЭМИ.

**Внедрение результатов исследования.**

Результаты исследования внедрены в учебный процесс Северо-Осетинского государственного университета при чтении курса «Биология с основами экологии» на факультете физической культуры».

Кроме того, полученные результаты исследования рекомендованы в практическую деятельность Министерства по охране окружающей среды и природным ресурсам РСО-Алания.

**Апробация работы.** Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на конференциях различного ранга:

- I съезде физиологов СНГ (г. Сочи, 2005);
- Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы экологии и сохранения биоразнообразия» (г. Владикавказ, 2005);
- Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эволюционной, возрастной и экологической морфологии» (Белгород, 2006).

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы (Глава 1), материалов и методов исследования (Глава 2), результатов исследования (Глава 3), заключения, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 135 страницах компьютерного текста и содержит 17 таблиц, 9 рисунков. Библиографический указатель включает 218 источника.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается результатами исследований: показатели периферической крови в тест-системах (население и лабораторные животные), учет холинэстеразы, каталазы, сукцинатдегидрогеназы в лимфоцитах крови. Цифровой материал подвергнут обработке с помощью методов математической статистики.

**Материалы и методы исследования.** Эксперименты проводились на следующих тест-системах (лабораторные животные и человек):

- белых крысах линии «Wistar» массой 30гр (возраст 2 месяца, самки и самцы);
- белых крысах линии «Wistar» массой 120гр (возраст 10 месяцев, самки и самцы);
- белых крысах линии «Wistar» массой 180гр (возраст 18 месяцев) (самки и самцы);
- детях 7 лет (мальчики и девочки);
- взрослых 30 лет (мужчины и женщины);
- стариках 70 лет (мужчины и женщины);

В ходе работы было исследовано 120 лабораторных животных и 120 человек. Объем проведенных исследований представлен в табл. 1.

Таблица 1

## Объем проведенных исследований

№№ п/п	Экспериментальное воздействие	Физико- химические исследования (СОЭ, гемоглобин)	Морфологические исследования (мазков крови)	Гистохимическая реакция на ферменты	Всего
человек					
1	Контроль	60	240	180	540
2	ЭМИ	60	240	180	540
	Всего	120	480	360	1080
крысы					
1	Контроль	60	240	180	540
2	ЭМИ	60	240	180	540
	Всего	120	480	360	1080

Для исследования путем отбраковывания отбирали практически здоровых животных. Животных помещали в плексигласовую камеру с отверстиями для вентиляции. Камеры с экспериментальными животными располагали между полюсами электромагнита. Контрольные животные находились в таких же камерах, но без воздействия ЭМП. Индукцию поля в отдельных точках камеры измеряли теслометром ХОЛЛА. Экспозиция ЭМП составляла 20 минут ежедневно в течении 7, 15 и 30 дней при индукции 60 мТл.

Путем анкетирования и анализа медицинских карт отбирали практически здоровых людей, которые в момент взятия периферической крови не болели соматическими и хроническими инфекционными заболеваниями. Контрольную группу составило население, проживающее по улице Леваневского и улице Левченко (в зоне отсутствия электромагнитных источников). Экспериментальная группа обследуемых проживала в зоне телевизионной мачты РСО-Алания.

В соответствии с задачами работы в течение 2003-2006 гг. были проведены следующие исследования:

1. Взятие периферической крови у лабораторных животных (крыс линии «Wistar») и разных возрастных групп населения для подсчета форменных элементов, окрашенных красителем Романовского - Гимза.

2. Количество лейкоцитов и эритроцитов в тест-системах определяли методом подсчета в камере Горяева.

3. Диаметр эритроцитов определяли с помощью окуляр-микрометра.

4. СОЭ определяли методом Панченкова (Плотичер С.М., 1962г.), а уровень гемоглобина - гемиглобинцианидным методом (Drabkin, 2000).

5. Определение активности холинэстеразы проводили по методу Кёлле (Камышников В.С., 2003), активность каталазы исследовалась по методу Баха и Зубковой (справочник по лабораторным методам исследования. Под

ред. Л.А. Даниловой 2003). Для анализа сукцинатдегидрогеназы использовали метод Нахласа (Пирс Э., 1962).

Достоверность полученных результатов оценивали по критерию Стьюдента.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Особенности лейкоцитарной формулы периферической крови крыс линии «Wistar» в условиях воздействия электромагнитных излучений (ЭМИ). Результаты подсчета абсолютного количества лейкоцитов и относительного содержания гранулоцитов, лимфоцитов, моноцитов у крыс представлены в таблицах 2, 3 и рис.1.

Анализ лейкограмм показал, что влияние ЭМП выражено в той или иной степени во всех возрастных группах лабораторных животных. Наиболее существенным сдвигам подвержены гранулоциты и лимфоциты.

Таблица 2

Содержание общего количества лейкоцитов в периферической крови крыс при воздействии ЭМП

Сроки экспозиции ЭМП	Возраст животных n=15	Общее число лейкоцитов в 1 мкм	
		±S	% к контролю
7 дней	2 мес.	42782,05±1003,47	-
7 дней	10 мес.	38612,05±700,64	-
7 дней	18 мес.	31128,20±95190*	80,61
15 дней	2 мес.	28337,47±820,08*	73,38
15 дней	10 мес.	31652,78±1035,80*	73,08
15 дней	18 мес.	27905,79±767,78*	72,27
30 дней	2 мес.	46350,00±908,49**	108,33
30 дней	10 мес.	42473,01±628,11*	109,99
30 дней	18 мес.	41542,02±316,14*	107,28

\*звездочками отмечены достоверные отличия от контроля: одной  $p<0,001$ , двумя  $p<0,05$ .

У молодых особей крыс «Wistar» отмечено несколько повышенное содержание общего количества лейкоцитов, по сравнению с нормальным содержанием, приведенным в литературе (Никитин В.Н. 1978).

Относительное содержание гранулоцитов, лимфоцитов и моноцитов не отличалось от нормы.

У первой группы животных (2 месяца) при воздействии ЭМП, установлен близкий к нормальному баланс параметров лейкограмм при экспозиции 7 дней. Однако при увеличении экспозиции ЭМП свыше 15 дней отмечено сниженное число палочкоядерных и сегментоядерных нейтрофилов.

Одновременно установлено увеличение количества миелоцитов, юных форм нейтрофилов и общего количества лимфоцитов.

У второй возрастной группы (10 месяцев) отмечалось достоверное уменьшение общего числа нейтрофилов, по сравнению с контролем при экспозиции ЭМП – 7 дней. При экспозиции ЭМП свыше 15 дней, количество

эозинофилов почти в 2 раза превышало контрольную величину. Число больших и средних лимфоцитов было понижено ( $13,43 \pm 3,0$ ).

Таблица 3

Лейкоцитарная формула периферической крови крыс на воздействии ЭМП

Группа животны х	Лейкограмма периферической крови крыс линии «Wistar»								
	нейтрофилы (%)			эозино филы (%)	базофи лы (%)	моноц иты (%)	Лимфоциты		
	М+Ю	С+П	всего				Б+С	М	всего
контроль- ная	0,6± 0,2	29,8± 2,57	30,4± 0,61	1,3± 0,3	0,0	2,8± 0,6	15,15± 1,06	50,75± 0,56	65,9± 1,8
I группа	1,1± 0,31	26,7± 1,21	27,8± 0,20	1,6± 0,44	0,1	3,5± 0,6	10,34± 0,44	57,06± 0,56	67,4± 1,1
II группа	0,8± 0,1	27,8± 0,53	28,6± 0,34	2,1± 0,41	0,1	3,1± 0,4	13,43± 0,39	52,37± 0,67	65,8± 1,7
III группа	1,0± 0,35	26,9± 0,35	27,9± 0,43	1,7± 0,4	0,0	3,4± 0,3	12,39± 0,32	53,11± 0,63	63,5± 1,7

М+Ю – миелоциты и юные формы нейтрофильных гранулоцитов;

С+П – сегментоядерные и палочкоядерные нейтрофильные гранулоциты.

Б+С – большие и средние лимфоциты.

М – малые лимфоциты.

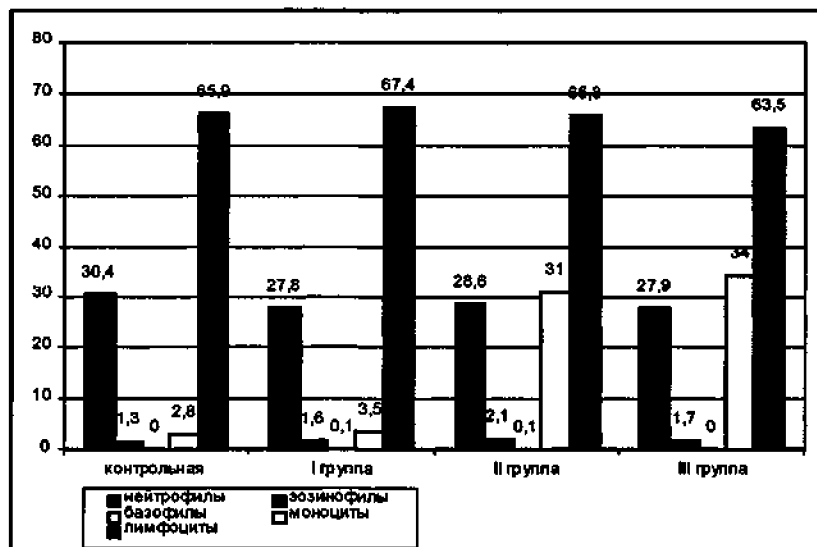


Рис. 1. Лейкоцитарная формула периферической крови крыс при воздействии ЭМП (в %)

При экспозиции ЭМП – 30 дней количество лейкоцитов уменьшалось по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ).



Лейкограммы старых животных (18 месяцев) отличались существенными негативными изменениями. При экспозиции ЭМП – 7-15 дней установлен значительный лейкоцитоз, обусловленный умеренной эозинофилией при снижении числа лимфоцитов и нейтрофильных гранулоцитов. При экспозиции ЭМП – 30 дней лейкограмма взрослых особей существенных изменений не претерпела по сравнению с контролем.

Учитывая, что среднее количество лейкоцитов у взрослых крыс (Гольдберг Е.Д., 1989) составляет  $12,6 \pm 1,07 \cdot 10^9/\text{л}$ , а эозинофилов –  $0,26 \pm 0,04 \cdot 10^9/\text{л}$ , выявленные количественные изменения следует рассматривать как относительную для данной группы животных лейкопению и эозинофилию на действие ЭМП.

Установленные изменения картины белой крови крыс линии «Wistar» в зависимости от экспозиции ЭМП могут быть сведены к двум типам:

1. Реактивные изменения картины периферической крови.
2. При втором типе лейкоцитарная формула выявила нейтропению при увеличенном содержании эозинофилов и общей лейкопении.

Изменения количественных характеристик всех типов лейкоцитов были более выраженными у молодых и старых крыс (реакция напряжения). Обнаружен лейкоцитоз сопровождающийся нейтропенией, эозинофилией и снижением числа лимфоцитов. Наряду с этим имело место возрастание юных форм нейтрофилов у всех возрастных групп.

Характер установленных изменений показывает, что возрастающая электромагнитная нагрузка приводит к развитию у лабораторных животных прежде всего нейтропении, вызванной, по видимому, угнетением нейтрофильного роста гемопоэза. Наряду с деструктивными процессами имеют место и компенсаторно – восстановительные реакции, проявляющиеся как в активации процессов кроветворения (появление юных форм гранулоцитов), так и защитных свойств крови (увеличение числа эозинофильных гранулоцитов).

Выявленные изменения лейкограмм, крыс линии «Wistar» обусловлены, вероятно, гемотоксическим действием ЭМП.

При изучении механизма биотропного действия ЭМП на лабораторных животных особая роль отводится коэффициенту корреляции. Нами был рассчитан коэффициент корреляции Пирсона между всеми типами лейкоцитов и интегральным показателем ЭМП. Установлена положительная корреляционная связь ( $r=0,13-0,99$ ) между относительным содержанием эозинофилов и сроками экспозиции ЭМП, и отрицательная корреляция ( $r=-0,13-0,41$ ) между содержанием лимфоцитов и сроками экспозиции ЭМП. Полученные расчеты показывают, что наиболее информативными показателями оценки влияния ЭМП на лейкоцитарный состав периферической крови крыс являются эозинофильные гранулоциты, лимфоциты и нейтрофилы.

В заключении можно констатировать, что особенности изменения лейкограмм у лабораторных животных свидетельствуют о негативном действии ЭМП.

Отмеченное возрастание общего числа лимфоцитов и юных форм нейтрофилов является, очевидно, результатом стимуляции миелопоэза и активации процессов обеспечивающих защитную реакцию организма.

Установленная корреляционная связь между типами лейкоцитов свидетельствует о наиболее информативной роли эозинофильных гранулоцитов в условиях воздействия ЭМП.

Отчетливые изменения у лабораторных животных выявлены при морфометрии эритроцитов (табл. 4). В группе животных, подвергнутых воздействию ЭМП, статистически значимо ( $p < 0,05$ ) увеличился средний диаметр эритроцитов. Так как у взрослых крыс средний диаметр эритроцитов составляет  $6,21 \pm 0,03$  мкм (Жуков Б.Н. 1959г.), выявленные изменения следует рассматривать в сторону процесса макроцитоза.

Таблица 4

Изменение среднего диаметра эритроцитов периферической крови животных при воздействии ЭМП

Группа животных	Диаметр эритроцитов в мкм
Контрольная	$6,19 \pm 0,5$
I группа	$6,49 \pm 0,05^*$
II группа	$6,22 \pm 0,04$
III группа	$6,31 \pm 0,04^*$

\*  $p < 0,001$

Характер изменений количества эритроцитов, содержания гемоглобина и величины СОЭ в крови крыс обоего пола разных возрастных групп представлены в таблице 5, рис. 2.

Таблица 5

Гематологические показатели животных при воздействии ЭМП

Группы животных	пол	n	Число эритроцитов в млн	Гемоглобин в %	СОЭ мм/час
Контрольная	♂♂	10	$6,77 \pm 0,21$	$14,08 \pm 0,41$	$2,87 \pm 0,24$
	♀♀	10	$6,73 \pm 0,21$	$14,18 \pm 0,30$	$2,22 \pm 0,19$
I группа	♂♂	10	$7,03 \pm 0,25$	$14,64 \pm 0,62$	$2,18 \pm 0,18$
	♀♀	10	$6,69 \pm 0,29$	$14,44 \pm 0,34$	$1,94 \pm 0,22$
II группа	♂♂	10	$6,86 \pm 0,26$	$14,88 \pm 0,28$	$1,90 \pm 0,25$
	♀♀	10	$6,92 \pm 0,43$	$14,42 \pm 0,79$	$1,58 \pm 0,17$
III группа	♂♂	10	$8,52 \pm 0,12$	$16,08 \pm 0,40$	$0,90 \pm 0,12$
	♀♀	10	$7,94 \pm 0,23$	$15,94 \pm 0,50$	$0,73 \pm 0,56$

Изучение изменений гематологических показателей крыс при воздействии ЭМП выявили тенденцию к увеличению числа эритроцитов во всех возрастных группах. Содержание гемоглобина в крови лабораторных животных изменяется подобно изменениям количества эритроцитов.

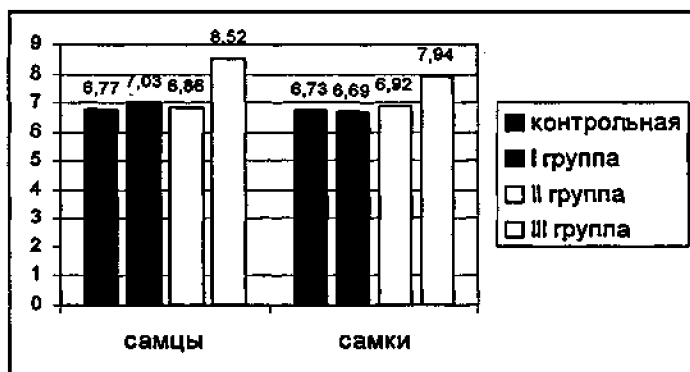
Величина СОЭ у животных значительно снижена по сравнению с контролем. Возможно, низкие показатели СОЭ при воздействии ЭМП обусловлены повышением количества эритроцитов, а также изменением белкового состава сыворотки крови.

Касаясь половых различий изменения числа эритроцитов, содержания гемоглобина и СОЭ при воздействии ЭМП, следует отметить, что несмотря на некоторые отличия, характер этих изменений у лабораторных животных разного пола примерно однотипен.

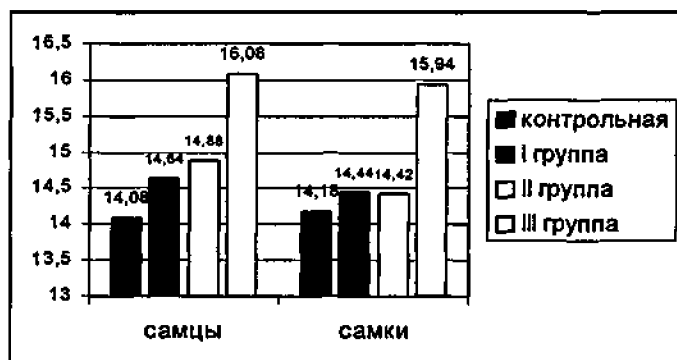
Анализ полученных результатов показал, что наибольшую чувствительность к ЭМП по показателям периферической крови проявили молодые и старые крысы линии «Wistar», которые могут составить группу «риска».

Адаптационные процессы, протекающие в организме лабораторных животных при воздействии ЭМП проявляются в определенных сдвигах со стороны системы крови. В ее реакциях особо тесно переплетаются процессы адаптации и компенсации, ибо кроветворные органы отличаются чрезвычайно высокой способностью к регенерации.

Число эритроцитов (в млн)



## Гемоглобин (в %)



## СОЭ (мм/час)

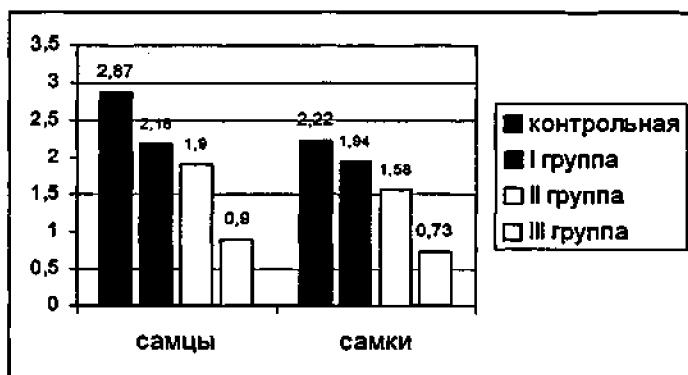


Рис.2. Гематологические показатели животных при воздействии ЭМП

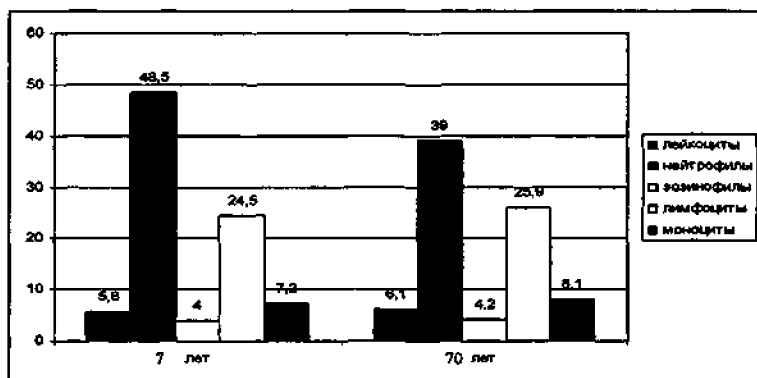
Адаптационные гематологические реакции тесно связаны с компенсаторными реакциями кроветворной системы. Компенсаторное напряжение регенерации обуславливает активацию клеточной пролиферации, ускорение морфологической и химической дифференциации клеток, быстрое их поступление в кровяное русло в незрелом состоянии.

### Динамика показателей гемограммы населения в зоне электромагнитных излучений

Отмечено снижение содержания лейкоцитов (на 22,5- 27,9%) в периферической крови всех возрастных групп по сравнению с контролем ( $p<0,05$ ) и увеличение доли эозинофилов (на 2-5%) (рис. 3).

В качестве основной тенденции отмечено общее снижение пула всех клеток периферической крови. Наиболее отчетливые изменения отмечались у I возрастной группы (дети 7 лет) и III (старики 70 лет).

#### ЭМП



#### Контроль

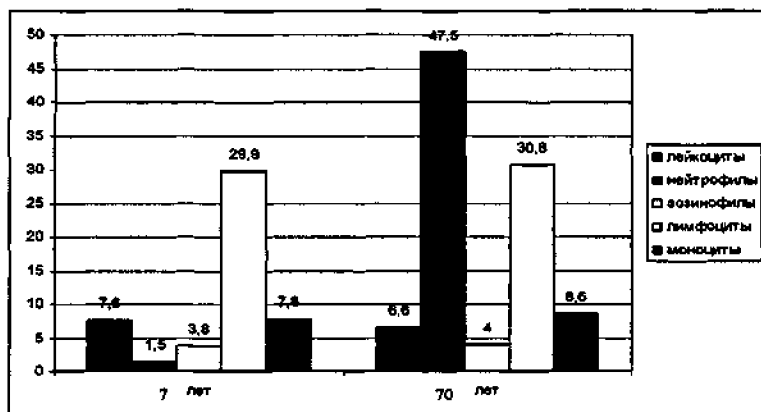


Рис.3. Показатели лейкоцитарной формулы крови у населения в зоне ЭМП (в%)

Как видно из таблицы 6 в I и III возрастных группах населения, проживающих в зоне ЭМП произошло увеличение количества эритроцитов: у девочек 7 лет с 3,99 до 4,08 млн/мкл (7,52%) ( $p < 0,05$ ), у третьей возрастной группы - старики 70 лет - с 4,14 до 4,22 млн/мкл (1,22%) ( $p < 0,05$ ). В контрольных группах динамика разнонаправленная: у девочек увеличение с 4,08 до 4,14 млн/мкл (1,47%) ( $p < 0,05$ ), у стариков - снижение с 4,19 до 4,12 млн/мкл (1,67%) ( $p < 0,05$ ).

Таблица 6  
Изменение основных показателей гемограммы населения в зоне ЭМП

Показатели, единицы измерения, нормы	пол	группа	количество человек	Среднее значение показателя		Изменение		p
				Возраст		± абс	± %	
				7 лет	70 лет			
Эритроциты млн/мкл 4,83-5,10	М	К	10	4,09	4,14	-0,05	-1,22	<0,05
		ЭМП	10	4,19	4,22	+0,07	+1,67	<0,05
	Ж	К	10	3,99	4,29	-0,30	-7,52	<0,05
		ЭМП	10	4,08	4,30	-0,06	-1,47	<0,05
Гемоглобин г/л 132,6-144,5	М	К	10	135,71	131,65	-1,77	-1,37	<0,05
		ЭМП	10	139,03	136,37	-17,18	-16,21	<0,001
	Ж	К	10	127,34	125,23	-13,02	-11,49	<0,01
		ЭМП	10	130,01	129,01	-2,85	-2,35	<0,05
РОЭ мм/час 8-10	М	К	10	8,95	10,92	-4,17	-47,66	<0,05
		ЭМП	10	7,88	9,38	-3,50	-59,52	<0,05
	Ж	К	10	8,67	7,35	-4,55	-1,61	<0,05
		ЭМП	10	7,45	6,03	-0,14	-61,07	<0,05
Лейкоциты тыс/мкл 6,2-10,6	М	К	10	9,04	7,74	-0,70	-13,89	<0,05
		ЭМП	10	5,53	6,01	-1,30	-23,51	<0,01
	Ж	К	10	9,01	7,38	-1,29	-25,34	<0,01
		ЭМП	10	5,92	6,03	+0,27	+4,56	<0,05

Обозначение: М - мужчины, Ж - женщины, ЭМП - электромагнитное поле, К - контроль.

Содержание гемоглобина в крови в I и III возрастных группах изменилось подобно изменениям количества эритроцитов.

Скорость оседания эритроцитов при воздействии ЭМП снижается у детей с 8,95 до 7,88 (11,95%) ( $p < 0,05$ ), у стариков с 10,92 до 9,38 мм/ч (14,1%) ( $p < 0,05$ ). Известно, (Жуков Б.Н., Мусиенко С.Н., 1959; Кузник Б.И., Васильева Н.В., 1989), что воздействие ЭМП приводит к уменьшению СОЭ, что и наблюдалось в наших экспериментах. Изменения СОЭ у II возрастной группы были в пределах нормы.

Содержание лейкоцитов в 1 мкл крови во всех возрастных группах было ниже нормы, что свидетельствует о сниженной защитной функции организма.

Особого внимания заслуживают 5 детей 7 лет, 10 взрослых и 14 стариков, которые проявили индивидуальную чувствительность к электромагнитным излучениям. Этот показатель у них наоборот достоверно увеличился 5,09-6,38 мкл (20%) ( $p < 0,01$ ). У стариков с 5,04-5,74 мкл (13,18%) ( $p < 0,05$ ). Во второй группе взрослых наблюдалось разнонаправленное воздействие – у женщин снижение 5,92-5,65 мкл (4,56%), у мужчин – повышение 5,53-6,83 мкл (23,51%) ( $p < 0,01$ ).

Обращает на себя внимание разная направленность отклонений в содержании гемоглобина и эритроцитов у женщин и мужчин II возрастной группы (30 лет). В группе женщин наблюдалось отклонение этих показателей в сторону повышения, у мужчин в сторону снижения. О разнонаправленном характере сдвигов в системе красной крови у мужчин и женщин свидетельствуют также исследования Чернышова О.Н., Зюбанова Л.Ф., Пилипенко О. и др., (1996). В литературе есть и противоположные указания – о меньшей чувствительности женского организма к ЭМП (Жуков Б.Н. 1982). Таким образом, сведения о роли пола в формировании ответной реакции организма на действие ЭМП не являются однозначными. Однако установлено, что особую чувствительность проявляют дети и старики, которые могут быть отнесены к группе «риска».

Вопрос о влиянии половых особенностей организма по показателям периферической крови при воздействии ЭМП относится к числу наименее выясненных, что убедительно подчеркивает сложность этой проблемы. Экспериментальные данные, полученные на животных, весьма противоречивы. В исследованиях одних авторов более чувствительными оказывались самки, в экспериментах других – самцы (Сидякин В.Г., Темурянц Н.А., Евстафьева Е.В., 1986).

Влияние возраста на проявления эффекта воздействия ЭМП на организм животных и человека представляет особый интерес. В качестве самого общего вывода из анализа работ посвященных рассматриваемому вопросу и полученных результатов исследования, может быть сделан следующий: молодые и старые лабораторные животные, дети и старики чаще оказываются более чувствительными к воздействию ЭМП. Соответствующие изменения в показателях периферической крови в группе взрослых животных и человека были менее отчетливыми.

Приведенные примеры убедительно свидетельствуют о том, что при исследовании возрастной чувствительности лабораторных животных и человека к воздействию ЭМП необходимо учитывать не только возраст, но и пол.

### **Показатели ферментов антиоксидантной системы**

Обнаружены изменения концентрации ряда ферментов, включая каталазу и сукцинатдегидрогеназу и колебательный характер изменений исследуемых показателей в крови экспериментальных животных при длительном воздействии ЭМП высокой напряженности (Климовская А.Д., Маслова А.Ф., 1982). Вместе с тем установлен первоначальный подъем, а

затем снижение активности каталазы периферической крови при длительном ежедневном воздействии ЭМП (Жернова А.И., 2001).

Между тем, в последнее время к изучению таких полиморфных систем к каким в первую очередь относятся холинэстеразы проявляют подчеркнутый интерес ряд исследователей. В клетках крови млекопитающих имеются секретируемые цитоплазматические и мембрано связанные пулы АХЕ (Зюбанова Л.Ф. Пашенк Е.А. Кашкалда Д.А., 1996).

Полагают, что в норме ХЭ содержится в зоне плазматических мембран, цистернах гладкого цитоплазматического ретикулума, перинуклеарных цистернах и цистернах комплекса Гольджи, в оболочках клетки и ядра, хроматине ядра и ядрышка (Сорвачев К.Ф. 1971).

Экспериментально доказано, что в организме указанные ферменты участвуют в формировании иммунологического статуса организма.

Учитывая актуальность изучения ферментов крови, и вместе с тем относительно слабую изученность холинэстеразы и сукцинатдегидрогеназы в периферической крови, мы поставили задачу исследовать характер активности указанных ферментов крови и оценить ферментативные изменения, возникающие под влиянием ЭМП в организме человека и лабораторных животных.

Изучение активности указанных ферментов крови при воздействии ЭМП проведено на 150 крысах (самцов и самок) линии «Wistar» массой от 30 до 150г.

Для гистохимического определения ферментов крови после воздействия ЭМП использовали 20 крыс (из них 10 служили контролем).

Активность холинэстераз и сукцинатдегидрогеназы изучалась в лимфоцитах периферической крови. Оказалось, что при воздействии ЭМП в течении 7 дней ферментативная активность во всех структурах крови изменялась однонаправленно, в форме незначительного повышения, которое можно квалифицировать лишь как тенденцию к сдвигам.

При 15-ти дневной экспозиции установлено значительное повышение активности ферментов в лимфоцитах крови. При 30-ти дневном воздействии ЭМП изменение ферментной активности были выраженнее, чем при 15-ти дневном воздействии.

Таким образом, наблюдаемые изменения ферментативной реакции показали, что общее воздействие ЭМП у крыс вызывает в первые же дни повышение уровня активности ферментов в клетках крови, рис. 4 особенно выражена эта реакция у молодых и старых особей.

Выявлены статистически значимые ( $p < 0,01$ ) изменения содержания ферментов в эритроцитах и лейкоцитах периферической крови животных. Отмечено увеличение содержания сукцинатдегидрогеназы у молодых особей (по сравнению с контролем), увеличение у 10 месячных и старых особей. Во всех опытных группах животных отмечено статистически значимое увеличение содержания холинэстеразы (по сравнению с контролем). Содержание каталазы в лейкоцитах животных подвергнутых воздействию ЭМП снизилось у средней группы (по сравнению с контролем), а у старых и молодых



животных – наоборот увеличилась. Известно, что уровень активности сукцинатдегидрогеназы отражает интенсивность работы цикла Кребса. Холинэстераза и каталаза также являются ферментами антиоксидантной системы. Есть мнение, что уровень активности этих ферментов на прямую связан с уровнем активности гена-иммунного ответа.

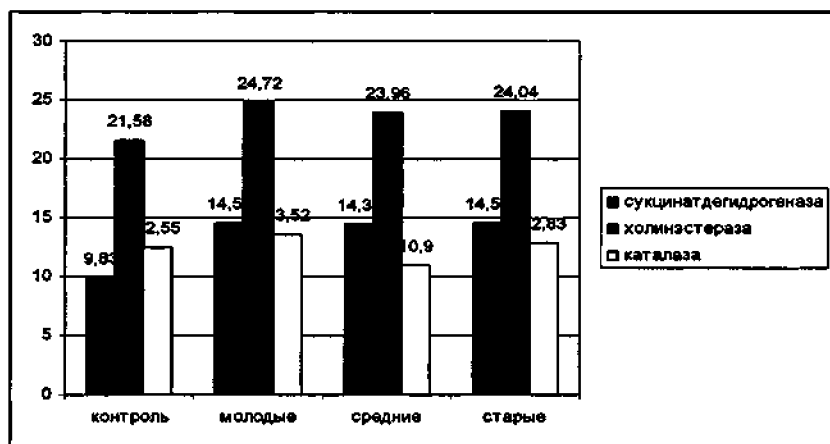


Рис. 4. Содержание холинэстеразы, сукцинатдегидрогеназы и каталазы в лимфоцитах периферической крови (в %) при воздействии ЭМП

Таким образом, при воздействии ЭМП нарушаются параметры лейкоцитов и эритроцитов периферической крови лабораторных животных (количество, размеры, метаболизм), что может приводить к нарушению иммунного статуса и газообмена организма.

Достоверные сдвиги активности холинэстеразы, сукцинатдегидрогеназы и каталазы в клетках крови лабораторных животных можно расценивать как активную реакцию в ответ на воздействие ЭМП.

Результаты обработки полученных данных определения ферментов в периферической крови показали, что изменения активности холинэстераз, сукцинатдегидрогеназ и каталазы в ответ на хроническое воздействие ЭМП выступает более отчетливо в первой и третьей возрастных группах.

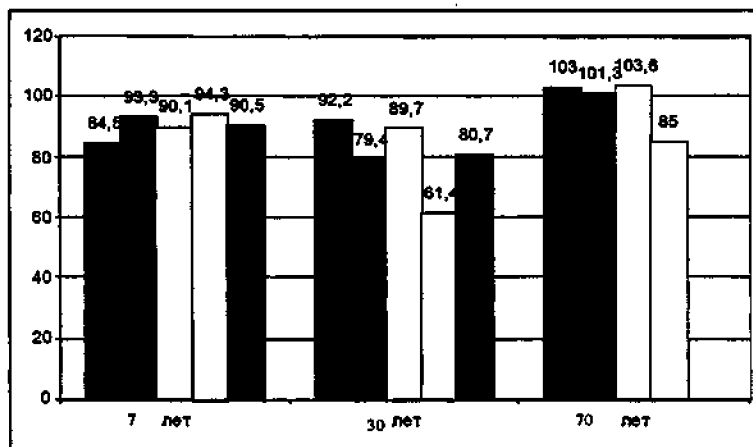
Активность холинэстеразы, сукцинатдегидрогеназы и каталазы определялась в мазках крови лимфоцитах и нейтрофилах крови. Как показала статистическая обработка данных сдвиги активности ферментов выражены сильнее в I и III возрастных группах, чем сдвиги активности во II возрастной группе.

В первой возрастной группе у детей 7 лет установлено увеличение активности холинэстеразы в мазках и плазме крови. Наиболее выраженными они оказались в 3-ей возрастной группе (рис. 5).

В тоже время следует подчеркнуть, что, по видимому, для угнетения холинэстеразы ЭМП не меньшее, но быть может даже большее значение

имеет не половая, а индивидуальная чувствительность. Так, например, у одного из мужчин активность фермента равнялась 84,5%, в то же время у одной женщины – 91%. У другого мужчины возрастной группы – 30 лет активность фермента равнялась 69,2%, а у одной из женщин – 75,7%. Аналогичные данные были получены нами в опытах на крысах. Что же касается III возрастной группы (70 лет), то наибольшую индивидуальную чувствительность проявили мужчины по сравнению с женщинами.

#### Мужчины



#### Женщины

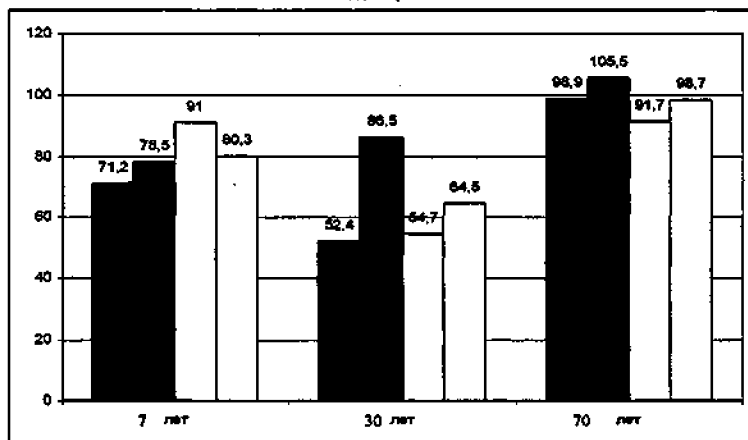


Рис.5. Изменение активности холинэстеразы в крови у мужчин и женщин при действии ЭМП (в % к фону, принятому за 100)

Данные проведенных исследований показали, что эффект ЭМП на ферментативную активность периферической крови населения имеет

возрастные и половые различия, что согласуется с данными литературы. Выраженный характер активности ХЭ и СДГ указывает на неспецифический характер реакции ферментов, что подтверждается данными литературы (Климовская Л.Д., Маслова А.Ф., 1982).

Биохимические сдвиги ферментов крови под влиянием ЭМП обнаружены и другими исследователями (Kamovsky M.J., Roots L.A., 1981; Садыков А.С., Розенгарт Е.В. и др., 1976).

Однако, поскольку в указанных работах преследовались иные цели и использовались иные чем в наших экспериментах параметры воздействия ЭМП, то сопоставление наших данных с данными цитируемых авторов в значительной мере затруднено.

Учитывая полученные нами результаты и немногочисленные данные литературы о сдвигах ферментативной активности крови, следует сделать вывод о высокой чувствительности и быстрой мобилизации холинэстераз и сукцинатдегидрогеназ крови в ответ на воздействие ЭМП. Адаптационная роль такой реакции определяется важнейшими свойствами этих ферментов: возможность участвовать во многих формах метаболизма и иммунологических реакциях.

Анализ активности каталазы производился у здоровых детей (7 лет), взрослых (30 лет) и стариков (70 лет). В ходе исследования выявлены индивидуальные колебания каталазного числа у детей от 14,62 до 20,99. Среднее каталазное число при этом было равно 19,30, а средний показатель каталазы 4,35. Анализ активности этого фермента и у стариков при воздействии ЭМП выявил рост среднего каталазного числа до 20,25 и индивидуальные колебания от 18,70 до 24,31. Показатель каталазы у взрослых (30 лет) колебался от 4,0 до 5,8.

Следовательно, активность каталазы у всех 3-х групп населения при воздействии ЭМП возрастает. Так как физиологическая роль каталазы заключается в разрушении перекиси водорода поступающей пероксисомы из цитозоля, митохондрий, микросом, а также при определенных условиях она участвует в окислении метаболитов и ксенобиотиков, то можно предположить, что при действии ЭМП у детей, взрослых и стариков необходимость в окислении, как перекиси водорода, так и продуктов метаболизма возрастает и соответственно растет активность каталазы.

Защита от повреждающего действия ЭМП осуществляется с помощью ферментов (ХЭ, СДГ, каталаза), а также низкомолекулярных акцепторов кислородных радикалов: аскорбиновой кислоты, сульфгидридных соединений (глутатион, цистеин),  $\alpha$ -токоферола,  $\beta$ -каротина и ряда других соединений, обладающих антиоксидантными свойствами.

Как показали исследования после воздействия ЭМИ состояние каталазной активности несколько повысилась по сравнению с уровнем активности в контроле.

Индивидуальные различия каталазного числа составили от 13,43 до 23,29 и в среднем были равны 19,52. Показатель каталазы в группе взрослых выявил вариабельность от 3,2 до 5,0 и в среднем был равен 4,47.

В результате исследований выявлен значимый рост средней активности каталазы у детей, взрослых и стариков в зоне ЭМИ.

С целью выявления отдельных последствий ЭМИ исследовали состояние антиоксидантной системы через год. В группу вошли 15 детей 7 лет, 15 взрослых и 15 стариков. Анализ выявил (рис. 6) среднюю активность каталазы 4,4, выше относительно контроля, но ниже по сравнению с уровнем, который был зафиксирован ранее. Таким образом, у населения наблюдается снижение окислительного стресса при воздействии ЭМИ.

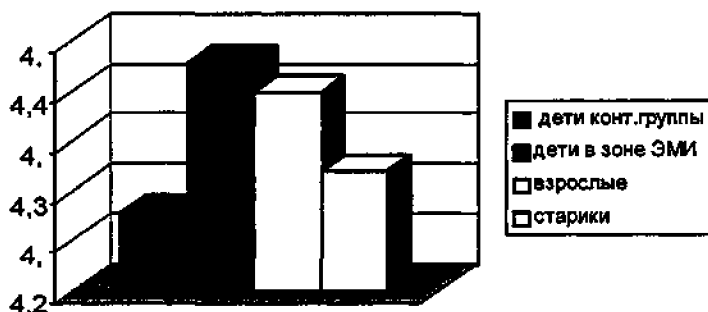


Рис.6. Показатель каталазы населения в зоне ЭМИ

Следовательно, среди механизмов, обеспечивающих адекватность реакции организма к ЭМП, определенную роль выполняют ферменты, активно участвующие в адаптационных реакциях организма на их воздействие.

## ВЫВОДЫ

В диссертации на базе теоретических и экспериментальных работ с использованием морфологических исследований, цитохимического анализа показателей периферической крови, методов математической статистики предложены перспективные решения актуальной проблемы электромагнитной безопасности населения на территории г.Владикавказ. Основные научные выводы и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Установлено, что телевизионная мачта РСО-Алания генерирует электромагнитные излучения, вдвое превышающие ПДУ (0,5 – 2,0) и проявляет высокую биологическую активность в исследуемых тест-системах.
2. Анализ мазков периферической крови показал, что у контрольных лабораторных животных и человека структура периферической крови имела типичное микроскопическое строение. Выявлены закономерности изменения количества эритроцитов, лейкоцитов, СОЭ, гемоглобина в зависимости от

возраста, пола, вида и индивидуальной чувствительности к электромагнитному полю.

3. Исследование морфологического состава крови у крыс «Wistar», проведенного в условиях воздействия ЭМП индукцией 60 мТл показало рост числа эритроцитов (у самцов 1 группы на 3 %, 2 группы на 30 %, 3 группы на 25 %; у самок 1 группы на 1 %, 2 группы на 20 %, у 3 группы на 17 % относительно контроля). У лабораторных животных развивалась адаптационная реакция умеренной активации, которая характеризовалась увеличением числа эозинофилов (в 1,5 раза во всех возрастных группах) и коэффициента лимфоцитов (с 65,9 до 67,4), снижением числа нейтрофилов в периферической крови на 8,5 % при  $p < 0,001$ .

4. Лабораторные животные проявляют видовую устойчивость (по показателям периферической крови) к ЭМП, что может быть связано с уровнем их эмбрионального развития.

5. Анализ морфологических сдвигов периферической крови всех обследуемых групп населения в зоне ЭМП свидетельствует о том, что под воздействием ЭМП происходит усиление метаболизма как в красной так и белой крови. Отражением этого процесса в периферической крови является увеличение числа эритроцитов в 2 раза, гемоглобина, в среднем, на 15 % у мужчин и на 13 % у женщин, снижение лейкоцитов, в среднем, на 16 %.

6. Установлено, что разный характер реакций элементов периферической крови определяется продолжительностью экспозиции, различной видовой и индивидуальной чувствительностью к ЭМП. Реакция форменных элементов крови, характер и степень их выраженности находятся в прямой зависимости от длительности воздействия ЭМП.

7. Выявлено, что под влиянием ЭМП активизируется ряд ферментов антиоксидантной системы (каталаза, холинэстераза, сукцинатдегидрогеназа), что следует рассматривать как напряжение адаптационных механизмов в группе «риска».

8. Полученные данные целесообразно использовать в прогностических целях для проведения комплексных защитных мероприятий в зоне электромагнитных излучений промышленной частоты.

#### Практические рекомендации:

1. Провести регламентацию всех источников ЭМИ на территории г.Владикавказ, картирование которых нами проведено совместно с санэпидемстанцией.
2. Обеспечить экранирование с помощью листового пермолоя электрораспределительных щитов телевизионной мачты РСО-Алания.
3. Обеспечить снижение мощностей и режима работы источников ЭМИ на территории г.Владикавказ.

**Список научных работ, опубликованных по теме диссертации.**

1. Доева А.Н., Гагиева З.А., Кусова А.Х., Кочиева Э.Р. Магнитобиологические реакции в изолированных тканях //«Вестник» МАНЭБ т.9. -2004. -№4. -С. 23-25.
2. Доева А.Н., Гагиева З.А., Кусова А.Х., Кочиева Э.Р., Бициева И.Б. Влияние электромагнитных излучений на показатели периферической крови населения города Владикавказа //«Вестник» МАНЭБ т.10. -2005. -№2. -С.16-17.
3. Кочиева Э.Р. Мониторинг электромагнитного загрязнения в г.Владикавказе //Материалы Всероссийской научной конференции «Актуальные проблемы экологии и сохранение биоразнообразия России». 27-28 апреля 2005г. –Владикавказ, -2005. –С. 159-161.
4. Кочиева Э.Р., Доева А.Н. Влияние электромагнитного излучения на показатели периферической крови населения // Научные труды 1 Съезда физиологов СНГ, 19-23 сентября 2005г. -Сочи, 2005. -С. 94.
5. Кочиева Э.Р. Некоторые цитохимические показатели и фагоцитарная активность лейкоцитов крови у населения г. Владикавказа при воздействии электромагнитных излучений // Материалы региональной научной конференции «Актуальные проблемы экологии и сохранение биоразнообразия Северного Кавказа». 14 апреля 2006г. –Владикавказ, 2006. -С. 21-24.
6. Кочиева Э.Р. Гематологические показатели персонала телевизионной станции РСО – Алания в условиях воздействия электромагнитных полей // Тезисы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы эволюционной, возрастной и экологической морфологии» 17-18 октября 2006г. –Белгород, 2006. -С. 58.

Сдано в набор 08.11.2006 г., подписано в печать 17.11.2006 г.

Гарнитура Таймс. Печать трафаретная. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,25. Тираж 100 экз. Заказ № 180.

Типография ООО НПКП «МАВР», Лицензия Серия ПД № 01107,  
362040, г. Владикавказ, ул. Августовских событий, 8, тел. 44-19-31

