



Биологическое действие низкочастотного импульсного магнитного поля и возможность применения его в биологии и медицине

Е.П. Лобкаева, Н.С. Девяткова, О.М. Лабынцева

*Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-
исследовательский институт экспериментальной физики
(РФЯЦ-ВНИИЭФ)
г. Саров*

Исследования базируются на известных положениях

- **Организм человека:**
 - **открытая, устойчиво - неравновесная, электромагнитная, самоорганизующаяся система;**
 - **многофункциональная колебательная система, которая насчитывается большое количество самых разнообразных систем осцилляций, имеющих свой частотный спектр;**
 - **является слабым генератором электромагнитных полей с широкой полосой частот и с плотностью потока мощности порядка $0,003\text{Вт/м}^2$;**
 - **как источник электромагнитного излучения, взаимодействует с внешним электромагнитным полем Земли и только в этом взаимодействии может существовать и развиваться.**

Все биологические системы содержат подсистемы, которые постоянно флуктуируют. Дисперсия величин, наряду с изменениями средних показателей меняющихся физиологических процессов отражают механизм приспособления организма к меняющимся условиям среды.

Считается, что чем больше разброс инвариант, тем легче происходит адаптация организма к внешним изменениям. При этом разброс параметров может быть следствием гармонических составляющих колебательных процессов, а также носить ассиметричный и изначально хаотический характер (флуктуации).

Режимы воздействия магнитного поля на биообъект, вызывающие резонанс, могут быть определены в очень малых областях, в окрестности четко фиксированных точек пространства параметров.

Найти такие режимы для реальных биосистем экспериментальным путем не только сложно, но и проблематично поскольку любое функциональное состояние организма характеризуется своим собственным набором критических величин для определенного промежутка времени (амплитудно-частотные характеристики, границы областей неустойчивости, времена релаксации и т.д.).

Однако, существуют биологические параметры, имеющие общие закономерности, достаточно устойчивые в функционально близких группах систем и органов (выполняют близкие или смежные функции).

Взяв эти параметры за основу, можно осуществлять выбор наиболее эффективных режимов воздействия ИМП.



**При обосновании выбора режимов воздействия
низкоинтенсивным импульсным МП на
организм человека и животных для
модификации нормальных и альтерированных
функций использовали теорию флуктуации
устойчиво-неравновесных открытых систем
вследствие влияния на них различных внешних
воздействий.**

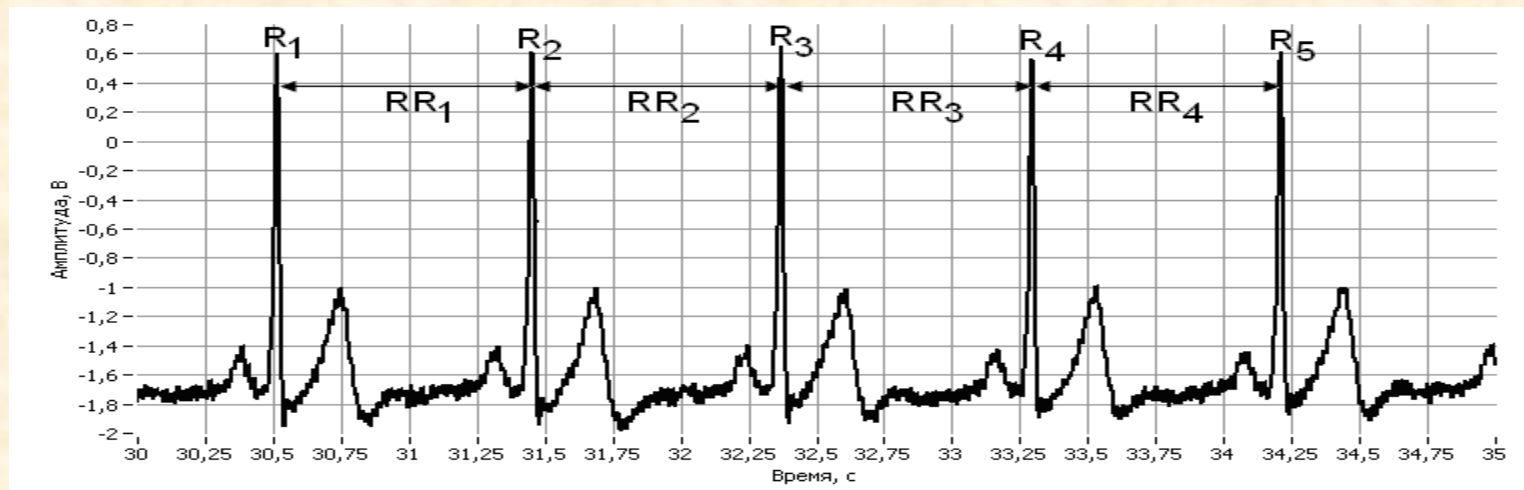
**Одним из способов реализации этой задачи
является применение ИМП,
синхронизированного с собственными ритмами
организма.**

При этом исходили из положения, что основным биологическим ритмом организма человека, подчиняющим все остальные, является ритм сердца. Известно, что этот орган филогенетически и онтогенетически является первым ритмическим источником с мощной ЭДС. Кроме того, навязываемая другим системам организма ритмика сопровождается еще и важнейшим трофическим обеспечением всех тканей организма — доставкой им кислорода и питательных веществ с той же ритмикой.

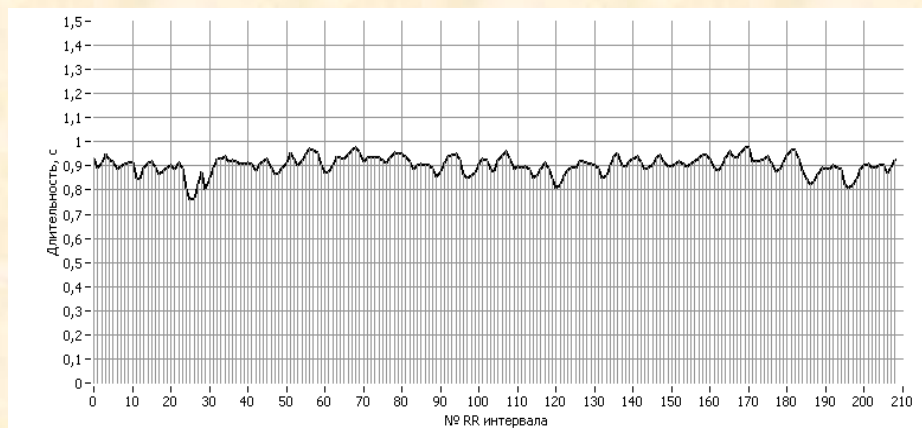
Как известно, оптимальным показателем деятельности сердечно-сосудистой системы, является закономерность флуктуации сердечного ритма, т. е. его вариабельность.

Подбор диапазонов параметров воздействия магнитным полем проводили с учетом спектральной функции флуктуации (вариабельности) ритма сердечных сокращений.

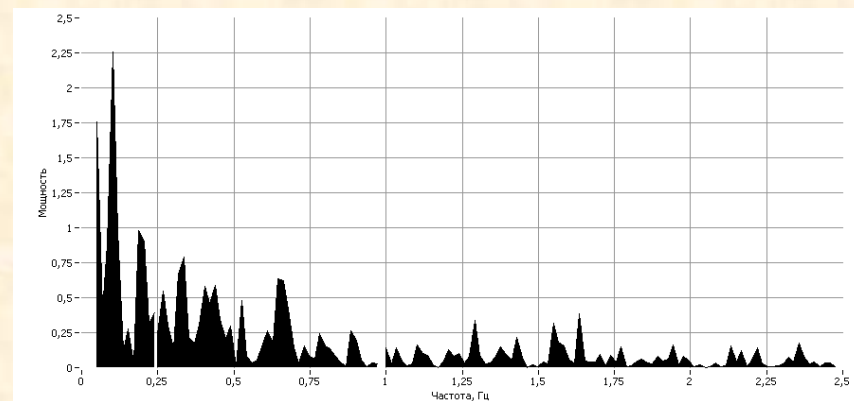
Определение параметров МП на основе анализа ЭКГ



Электрокардиограмма



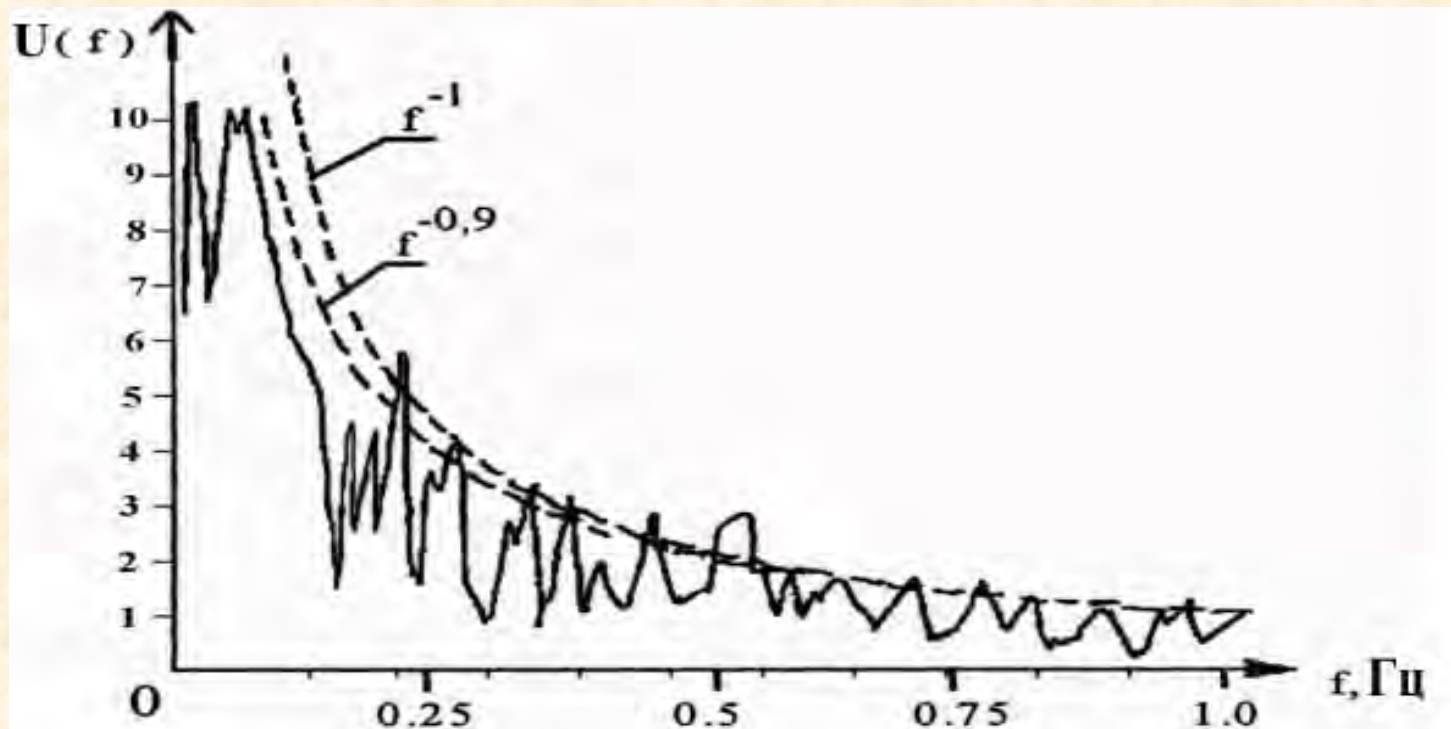
Ритмограмма



Спектр мощности ритмограммы

Вертикальные линии – RR интервалы,
жирная черная линия - ритмограмма

Вариант спектра «хаотических» флуктуаций частоты сердечных сокращений, полученный для человека в состоянии покоя



ось $U(f)$ - спектральная плотность в относительных единицах.

ось f - частота спектра, (Гц);

f^{-1} , $f^{-0.9}$ - функции (пунктирные линии), аппроксимирующие реальный спектр (сплошная кривая).

Огибающая этой кривой с определенным приближением может быть аппроксимирована семейством кривых вида

$$U(f) = m f^{-n}, \quad \text{где } n = 0,8 - 1,4.$$

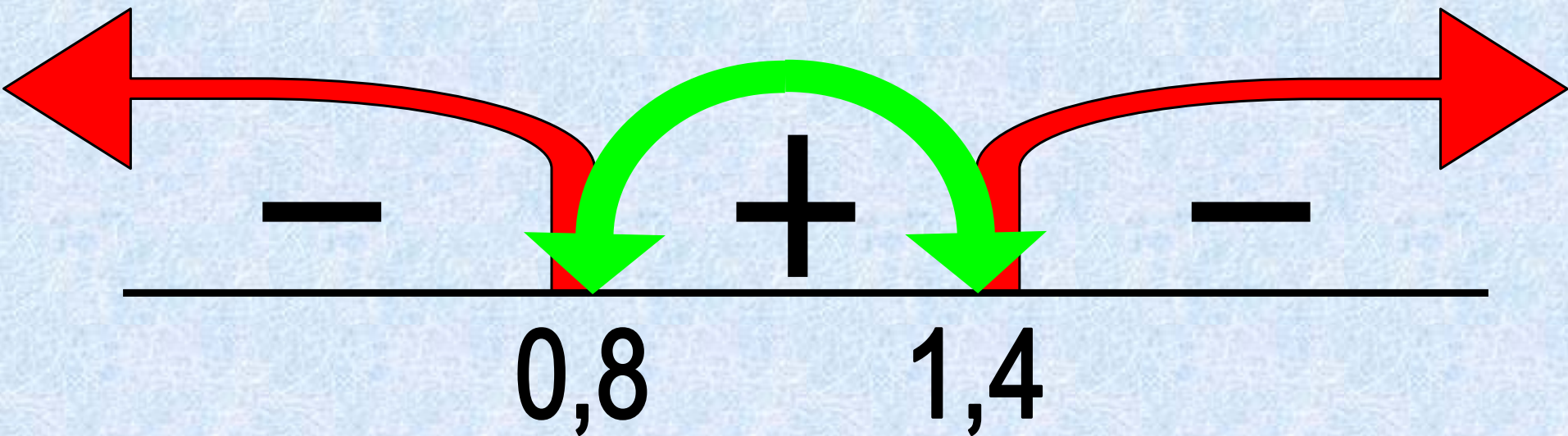
Воздействие любым сложномодулированным магнитным полем, при условии, что огибающая спектра модулирующего сигнала имеет вид $U(f) = m f^{-n}$ способно вызывать разные ответные физиологические изменения в организме, которые зависят от параметров внешнего воздействия и характеристик устойчиво-неравновесного состояния организма на момент воздействия

Переход организма из одного состояния в другое при действии слабого низкочастотного ИМП происходит за счет изменения (увеличения / уменьшения) в нём внутренних флуктуаций.

Воздействие магнитного поля с огибающей спектра сигнала вида f^{-n} при $n=0,8-1,4$ согласовано по спектру с вариабельностью сердечного ритма организма, и приводит его к состоянию «комфорта».

Воздействие же магнитным полем, огибающая спектра которого имеет вид f^{-n} , но при $n < 0,8$ или $n > 1,4$ воспринимается организмом как раздражающее и приводит его к состоянию стресс-реакции ("дискомфорт").

Критерии положительного влияния ИМП на биологические объекты



При проведении экспериментов использовали сигнал ИМП с огибающей спектра $U(f)=mf^{-n}$ при изменении n в диапазоне

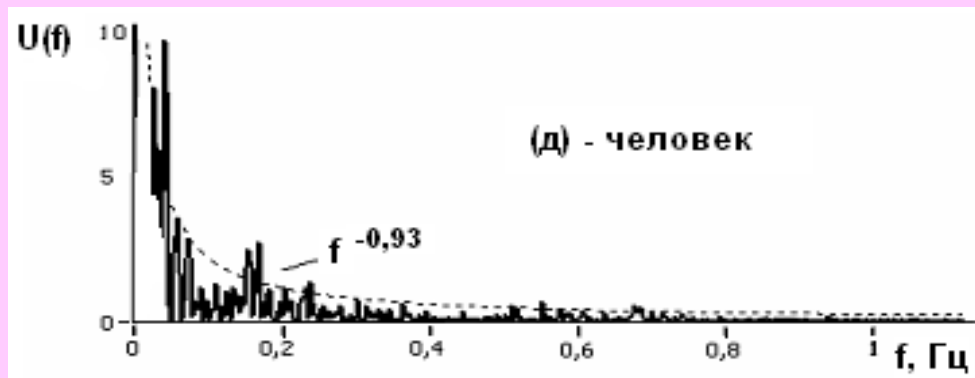
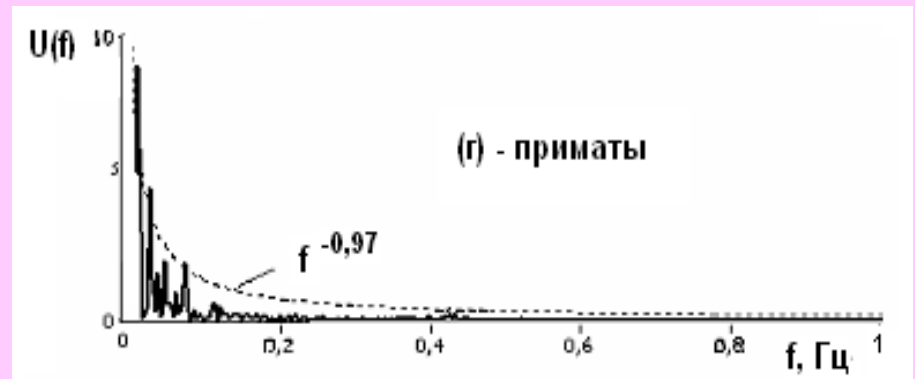
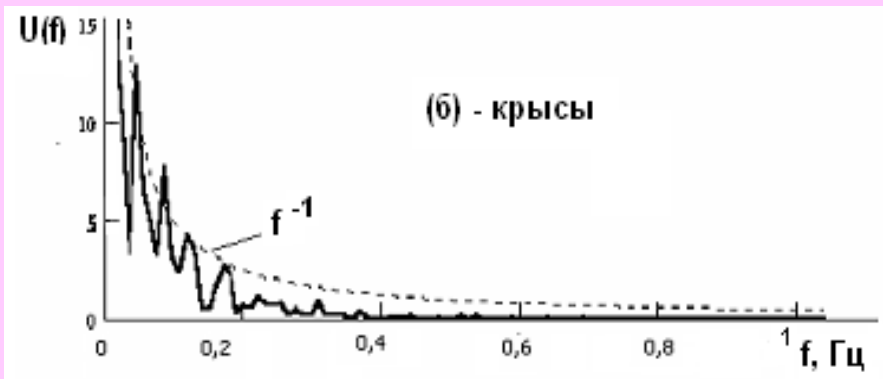
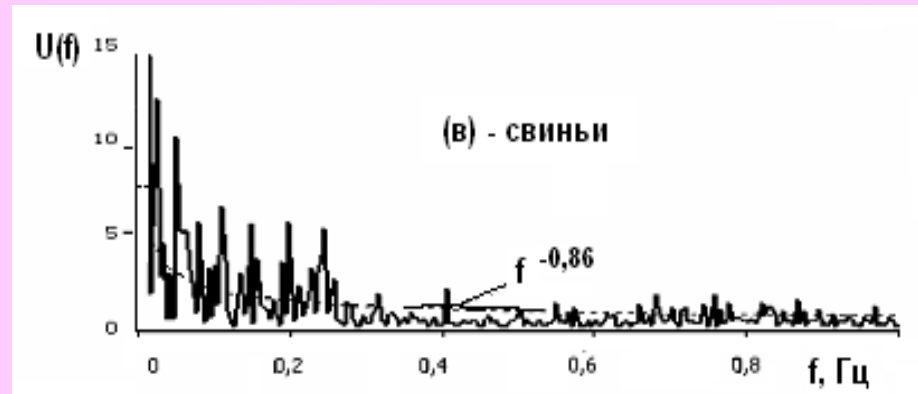
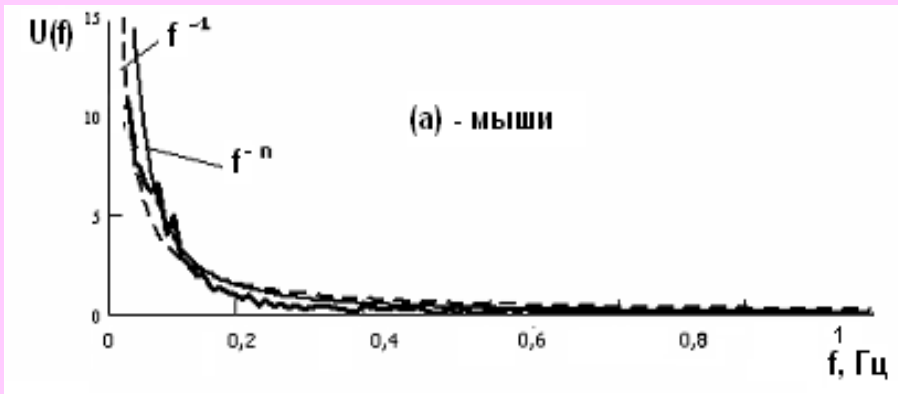
$$0,8 < n < 1,4$$

Итак, базируясь на анализе спектра флуктуаций частоты сердечных сокращений, можно осуществить оценку формы сигнала "отклика" данного организма на любое внешнее воздействие.

Осуществляя регистрацию отклика и в результате последующего его спектрального анализа можно установить границы частотной характеристики системы.

Опираясь на значение нормы полосы частот сердечного ритма в спокойном («комфортном») состоянии, можно определить стратегию воздействия магнитного поля на организм.

Распределение флуктуаций частоты сердечных сокращений мышей, крыс, свиней, приматов и человека



- Таким образом, экспериментально доказано, что для различных биологических объектов в состоянии покоя огибающую спектра хаотических флуктуаций ЧСС можно описать одной моделью, а именно:

$$U(f) = m \cdot f^{-n}$$

- Этой же гиперболической зависимостью характеризуется фликкер - шум.



Комбинацией метода выравнивания, эвристического метода и метода наименьших квадратов определены значения параметров n и m огибающих для указанных спектров.

Диапазон изменения показателя степени n для мышей $0.9 \div 1.7$, для крыс составляет $0.8 \div 1.5$, для человека $0.8-1.4$.

При одинаковых показателях степени n значение коэффициента m для крыс лежит между значениями коэффициента m для мышей и для человека.

Это говорит о схожести процесса модуляции сердечного ритма животных и человека, а фракталоподобие распределения спектров флуктуаций ЧСС свидетельствует о том, что подход к решению вопроса межвидовой экстраполяции параметров импульсного магнитного поля для получения одинакового биоэффекта при воздействии на животных разного уровня организации может быть решен путем пересчета параметров ИМП в зависимости от вариабельности ЧСС.

Основные принципы воздействия магнитного поля должны включать следующее:

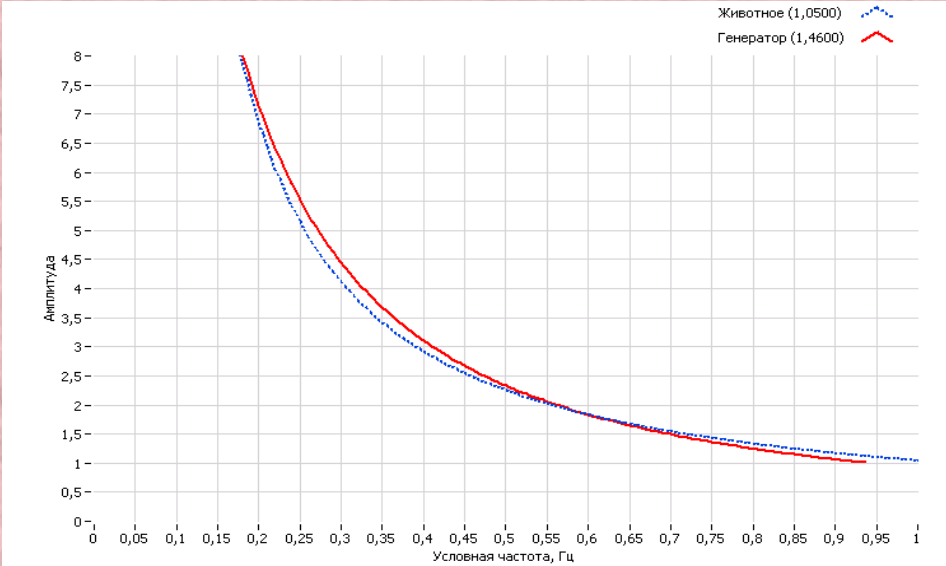
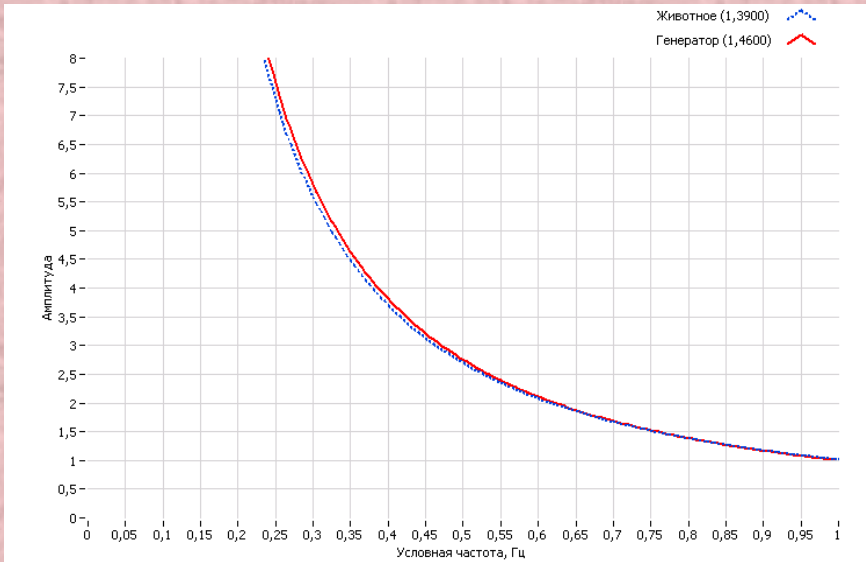
-параметры воздействия слабого низкочастотного ИМП должны лежать в пределах существования частотных параметров естественных физико-химических процессов организма;

- получать и ускорять терапевтический эффект можно не за счет повышения интенсивности магнитного поля, а за счет корректировки его параметров (форма модуляции сигнала, частотные характеристики, время воздействия и др.) в границах колебаний этих физико-химических процессов .

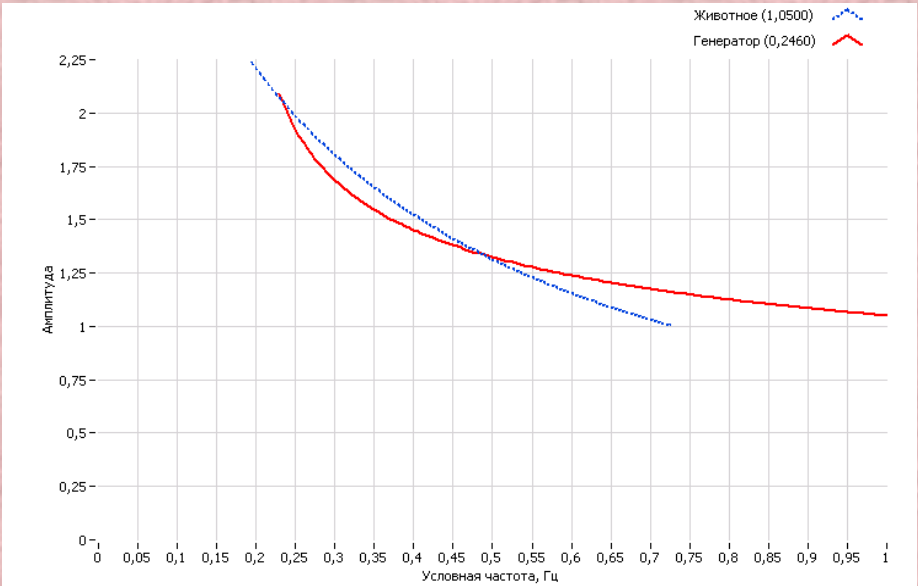
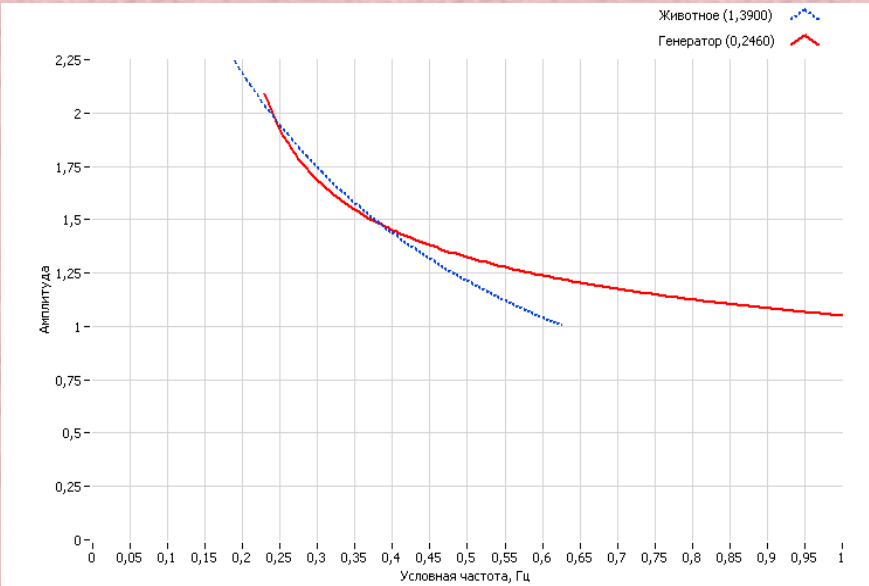
- **Итак, достижение состояния "комфорта" функциональных систем организма обеспечивается при внешним воздействии, спектральные характеристики которого согласованы со спектральной функцией $U(t)=1/f^n$ при $0,8 < n < 1,4$**
- **Следовательно, рассогласование этих характеристик приводит к обратному эффекту.**



Огибающие спектра сигнала согласованы с огибающей спектра ЧСС



Огибающие спектра сигнала рассогласованы с огибающей спектра ЧСС





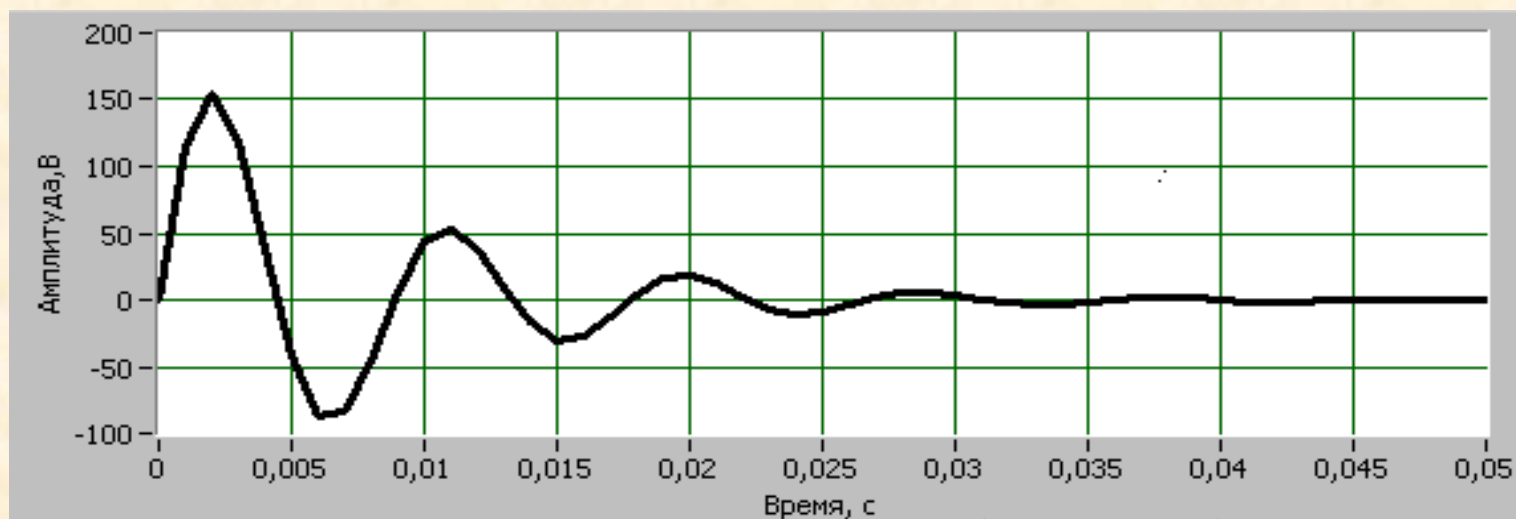
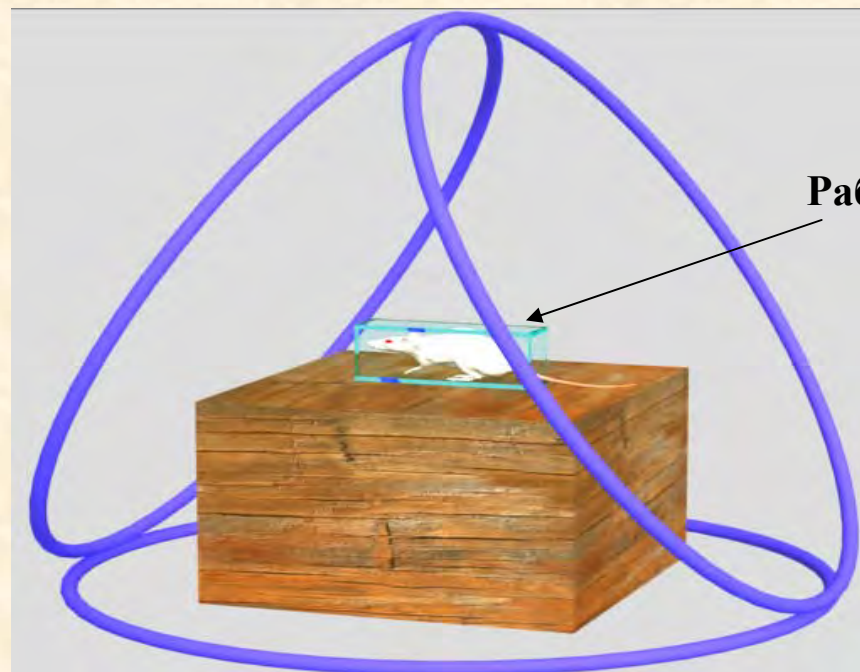
**Экспериментальные
результаты действия
низкочастотного ИМП на
организм человека и
животных при модификации
нормальных и
альтерированных функций**

- При апробации разрабатываемого способа подбора параметров магнитного поля для получения модифицирующего эффекта использовали сигналы вида затухающей синусоиды
- $U(t) = U_0 \sin(\omega t + \varphi) \exp(\alpha t)$
как типичные представители спектральных характеристик, приближенных к виду

$$U(t) = m / f^n$$

а также в связи с тем, что этот вид сигнала используется в магнитотерапевтических установках как российского, так и зарубежного производства.

Инструментальное обеспечение: Установка УМТИ-3Ф

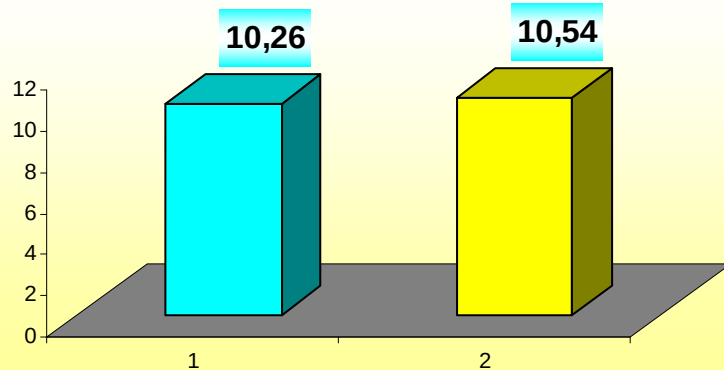


Параметры воздействия магнитным полем

Схема (режим) воздействия		Максимальное значение модуля магнитной индукции в центре индуктора ($ B _{\max}$), мТл	Экспозиция варианта воздействия, мин
МП1		1,40 - 3,15 - 1,40	10 – 10 - 10
МП2		2,80 - 3,15 - 2,80	10 – 10 - 10
МП3	МП3/1	1,40 - 1,40 - 1,40	10 – 10 - 10
	МП3/2	1,40 - 2,12 - 1,40	10 – 10 - 10

Влияние магнитного поля на изменение гематологических показателей крови лабораторных животных без альтерации

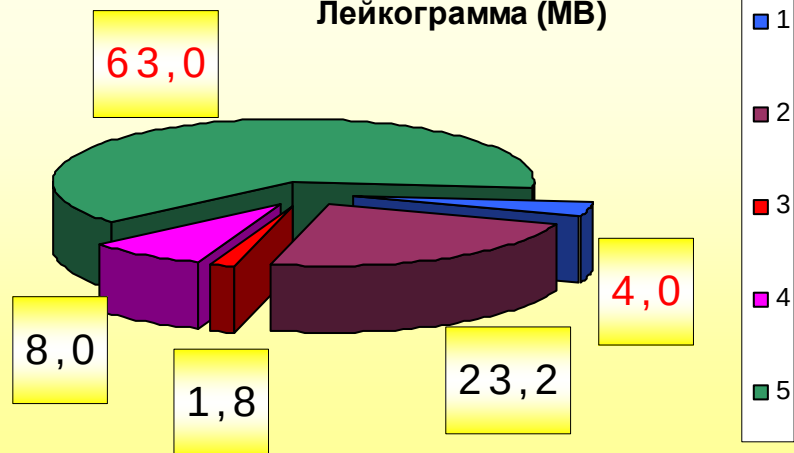
Лейкоциты крови животных



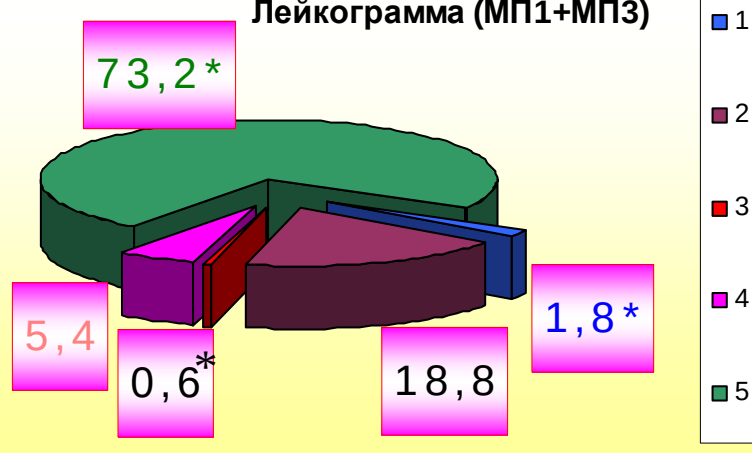
1 – Мнимое воздействие (МВ);

2 – (МП1+МП3)

Лейкограмма (МВ)



Лейкограмма (МП1+МП3)

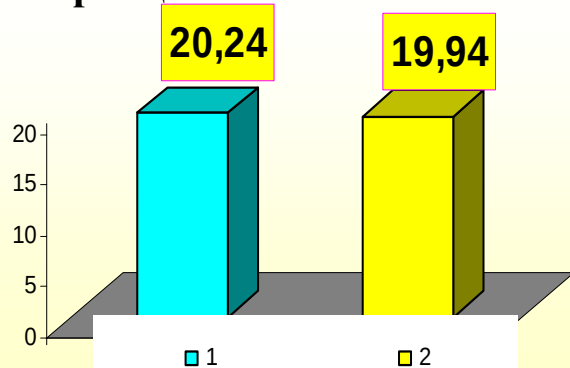


1 – палочкоядерные; 2 – лимфоциты; 3 – эозинофилы;

4 – моноциты; 5 – сегментоядерные;

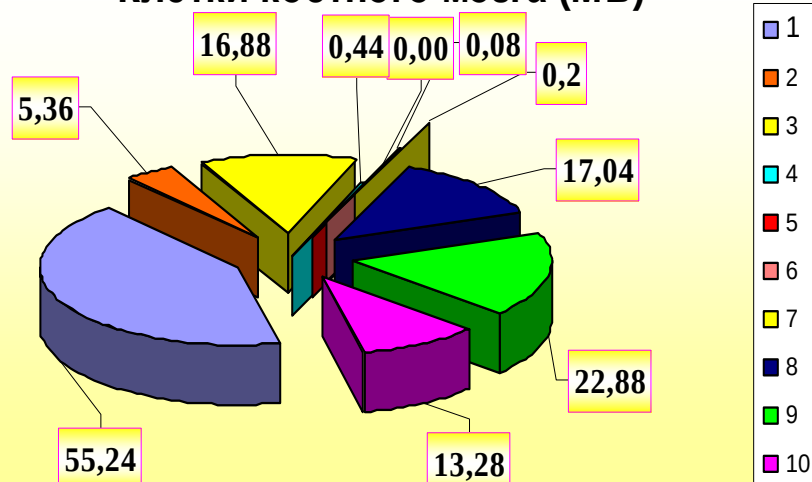
Влияние ИМП на клеточный состав костного мозга лабораторных ЖИВОТНЫХ

Миелокариоциты

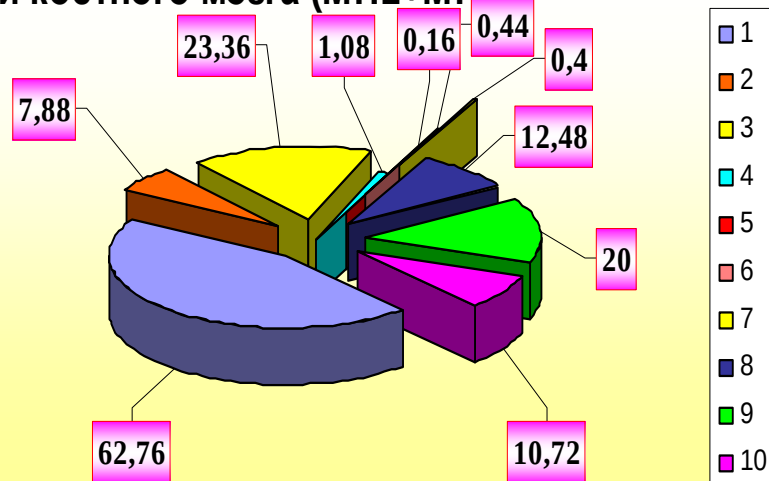


1 – мнимое воздействие (МВ);
2 – (МП1+МП3)

Клетки костного мозга (МВ)



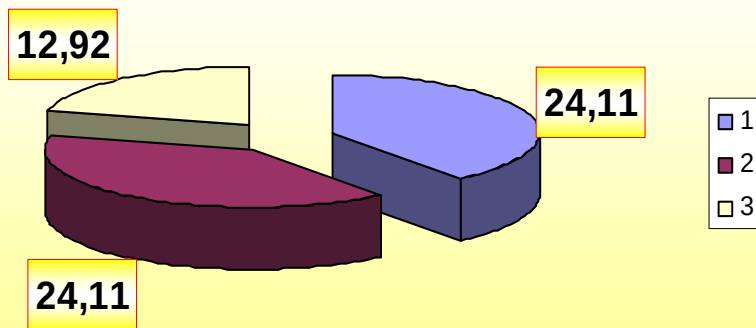
Клетки костного мозга (МП1+МП3)



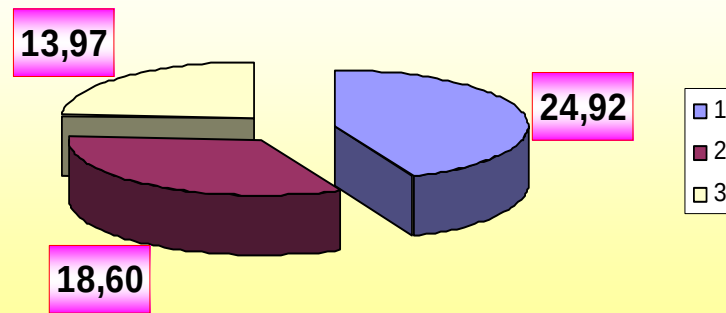
1 - гранулопозз, 2 - нейтрофильные миелоциты, 3 - сегментоядерные нейтрофилы,
4 - эозинофилы, 5 - миелоцитарные, 6 - юные эозинофильные клетки,
7 - эозинофильные миелоциты, 8 - лимфоциты,
9 - общие эритробласты, 10 - полихроматофильные нормобласты

Влияние импульсного магнитного поля на ферменты цитозензимологического профиля лимфоцитов

МВ



(МП1 + МП3)



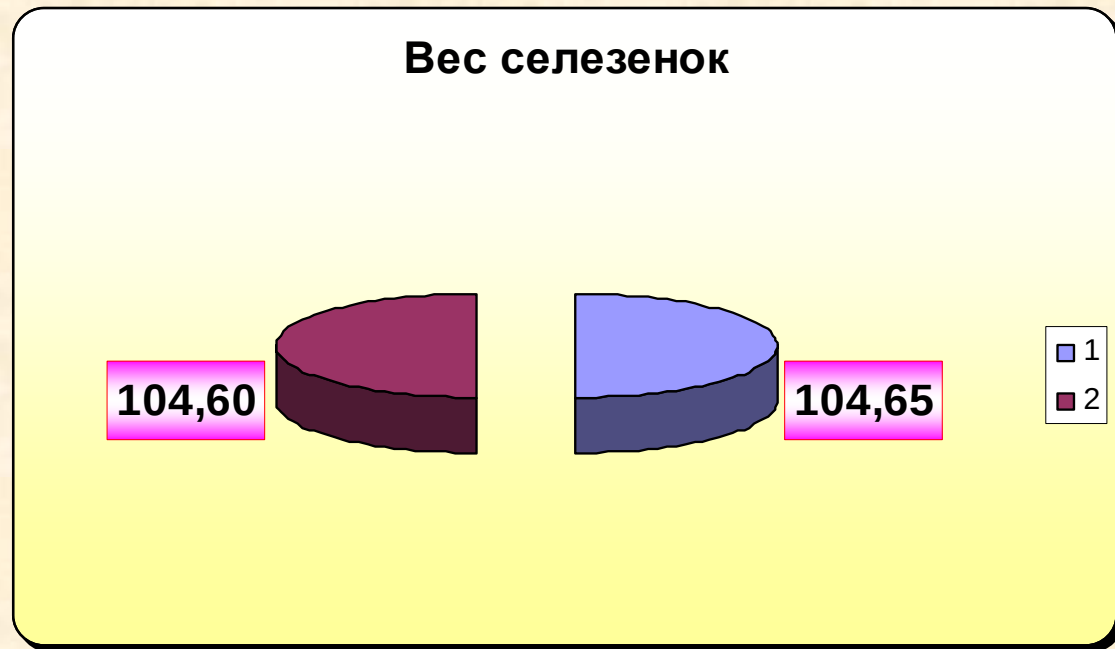
1 – сукцинатдегидрогеназа (СДГ);

2 – α - глицерофосфатдегидрогеназа гулоплазматическая (г-α-ГФДГ);

3 – α - глицерофосфатдегидрогеназа митохондриальная (м-α-ГФДГ)

Из полученных результатов видно, что ИМП в режимах МП1 и МП3 практически не влияло на активность ферментов цитозензимологического профиля лимфоцитов крови мышей.

Влияние импульсного магнитного поля на систему клеточного обновления (по весу селезенки)



1 – (МП1+МП3); 2 - МВ

Следовательно, ИМП в режимах МП1 и МП3 не приводит к значительным изменениям в состоянии организма здоровых особей на **организменном, системном, клеточном и субклеточном уровнях.**

Наблюдаемые сдвиги в периферической крови и костном мозге связаны с усилением миграционных процессов кроветворных клеток и являются результатом защитно-компенсаторной реакции в ответ на действие ИМП.

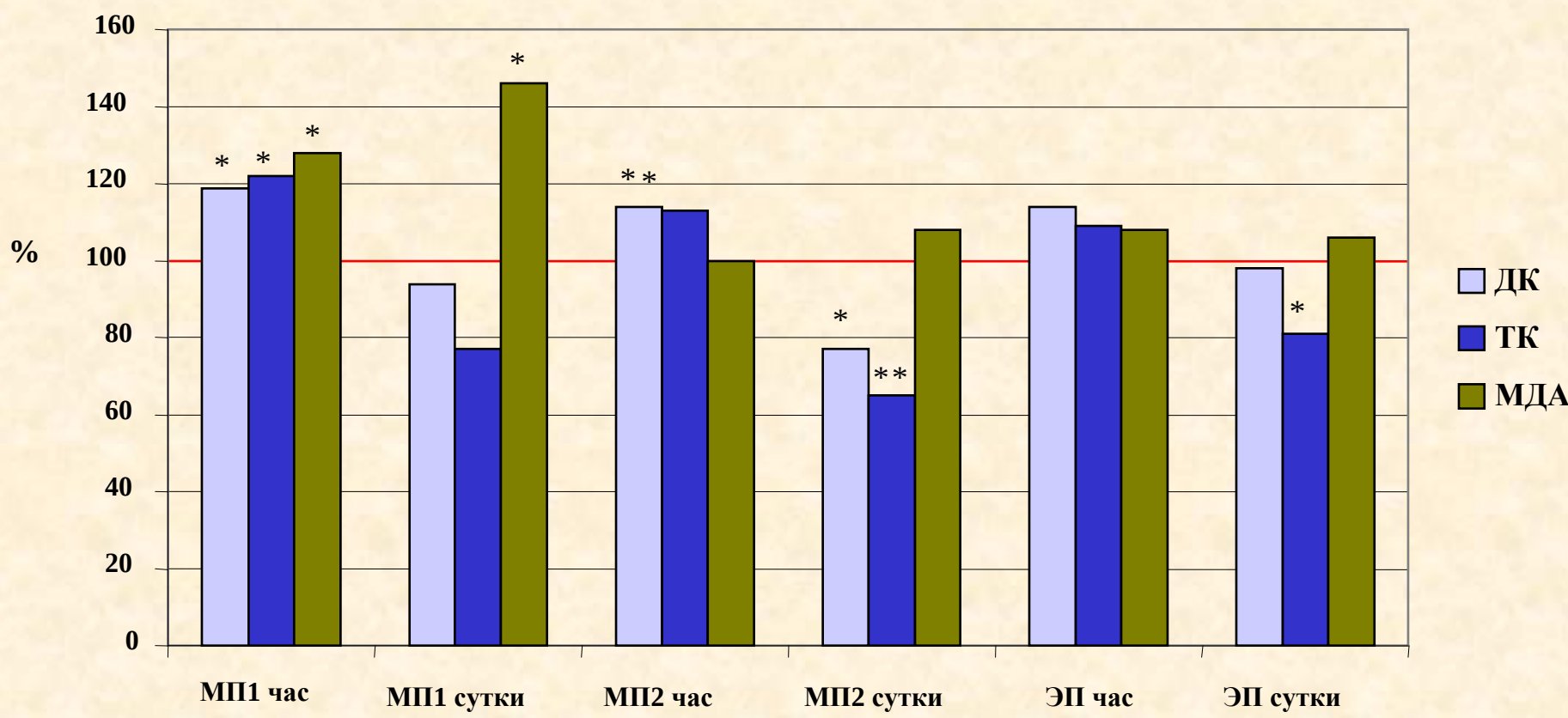
- **Характерным для действия ИМП на организм животных является активация процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ).**
- **Степень выраженности и удельный вклад различных стадий ПОЛ варьировались в зависимости от среднего значения модуля магнитной индукции.**



Влияние низкоинтенсивного ИМП на уровень перекисного окисления липидов в сыворотке крови крыс

Содержания диеновых, триеновых конъюгатов и малонового диальдегида в сыворотке крови крыс (в %) после воздействия ИМП

Показатели контрольной группы приняты за 100%



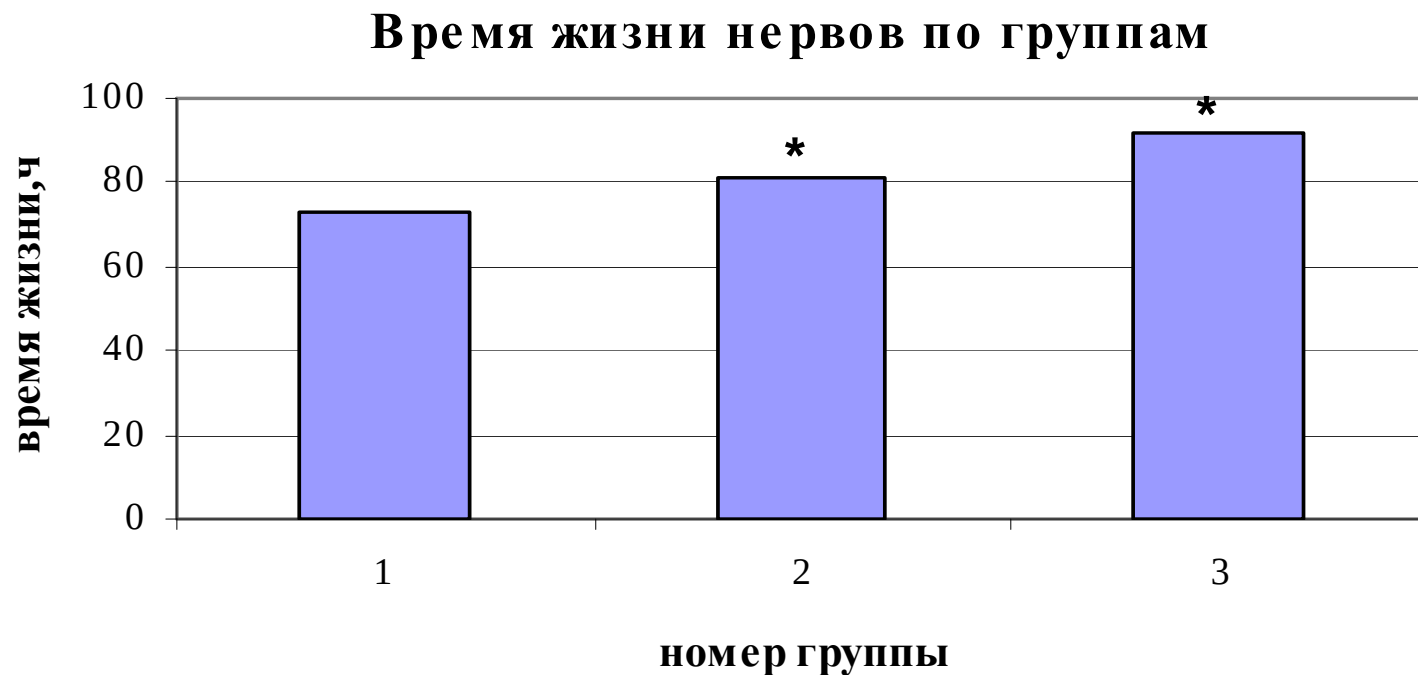
* - достоверность (p<0,05)

** - достоверность (p<0,01)



Итак, в экспериментах на системе кроветворения, мембранных процессах и показателях периферической крови доказано, что при подборе параметров воздействия ИМП на биообъект **необходимо и достаточно** находить соотношение огибающих спектральной плотности variability сердечного ритма организма и частотного спектра воздействующего поля для получения стойкого **стимулирующего** эффекта.

Влияние ИМП на функциональную активность изолированного седалищного нерва лягушки



Группы: **1**- контроль (отсутствие ИМП);

2- воздействие ИМП сразу после выделения нерва;

3- воздействие ИМП на нерв через 3 часа после выделения (снижение функциональной активности нерва на 30% по амплитуде потенциала действия).

- Средняя продолжительность функциональной активности контрольных образцов изолированного нерва (группа 1) составляет **73** часа
- В результате воздействия МП1 сразу после выделения нервов продолжительность их жизни увеличилась и для группы 2 составила – **81** час.
- Для изолированных нервов группы 3 (со сниженными функциональными возможностями на 30%) – **92** часа.

Воздействие ИМП в режиме МП1 не только восстанавливает сниженную (на 30%) проводящую способность изолированного нерва, но и увеличивает период функциональной активности его в 1,3 раза ($p < 0,05$).

Следовательно ИМП в режиме МП1 может увеличить **резервные** возможности организма.

Магнитное поле как модификатор процесса клеточной пролиферации

Метод оценки реакции бласттрансформации (БТ) лимфоцитов

Выделение лимфоцитов из цельной крови



Культивирование (37°C, 72 часа)

- добавление ФГА
- обработка МП
- добавление ^3H -тимидина



Остановка реакции БТ



Нанесение суспензии клеток на фильтры



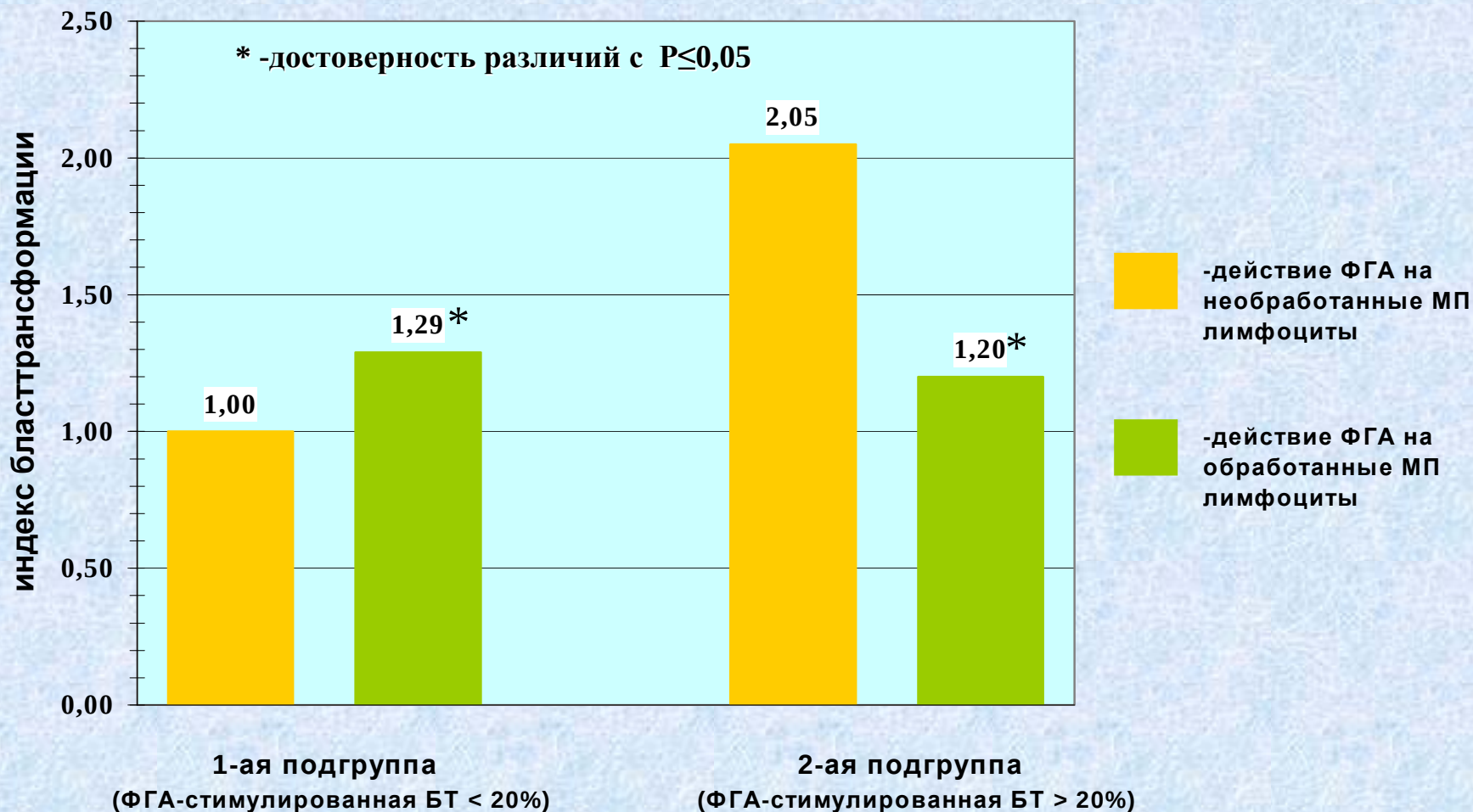
Промывание фильтров



Подсчет бета-активности ^3H -тимидина,
встроенного в ДНК лимфобластов (СРМ)

Магнитное поле как модификатор процесса клеточной пролиферации (на донорской крови)

Сравнение эффектов ФГА и ИМП на бласттрансформацию лимфоцитов между группами, различающимися по исходной митогенной чувствительности.



Эффект МП на реактивность лимфоцитов к ФГА

Характеристика животных в соответствии с типом регуляторных реакций вегетативной нервной системы

% от общего
количества животных



По исходному вегетативному статусу (по индексу напряжения) большинство животных (66%) имели недостаток сбалансированности отделов вегетативной нервной системы животных. *Вариабельность индекса напряжения от 912 у.е. до 17678*

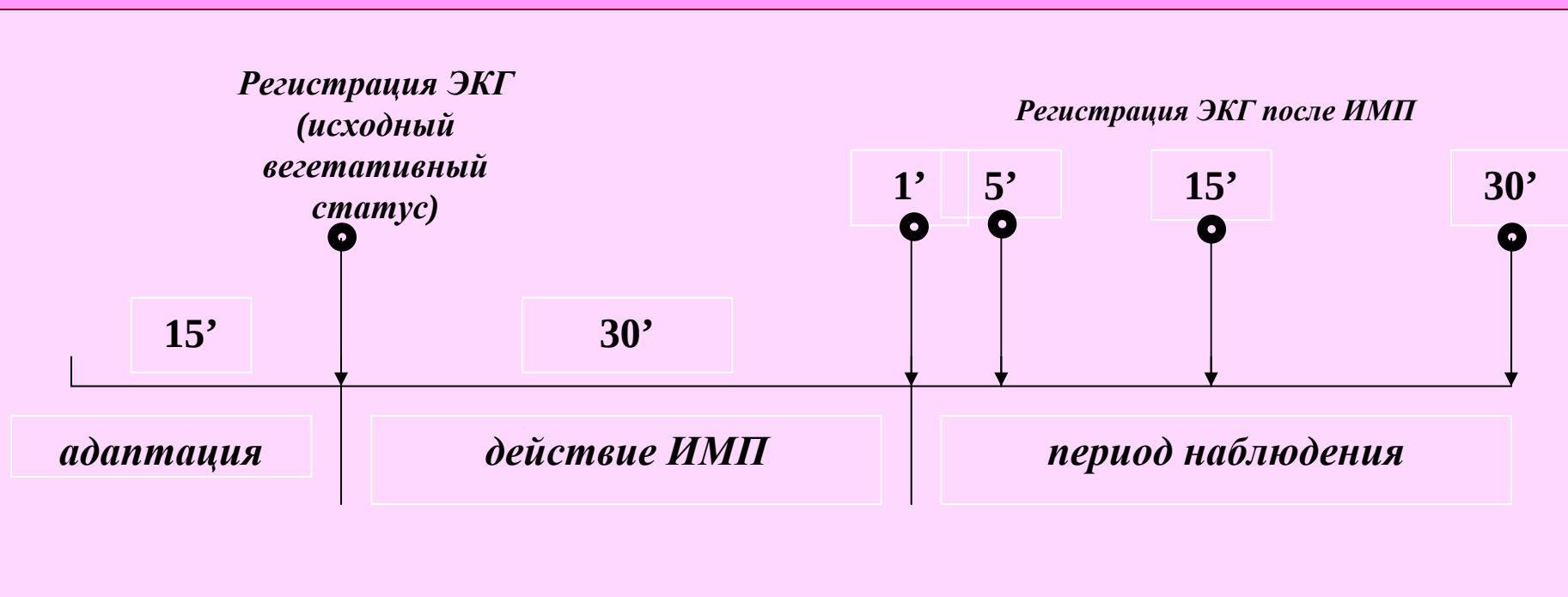
ИН, у.е.

***Характеристика животных в соответствии с
типом регуляторных реакций вегетативной нервной
системы***

<i>Тип регуляции вегетативной нервной системы</i>	<i>Индекс напряжения, у.е.</i>		<i>Количество животных</i>	<i>Процентное распределение животных</i>
	<i>Интервал значений</i>	<i>Среднее значение $M \pm m$</i>		
Ваготония	< 2429	1791±94	10	10 %
Нормотония	2429 – 5463	4139±123	34	34 %
Симпатотония	> 5463	10941±563	56	56 %

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМП НА СОСТОЯНИЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

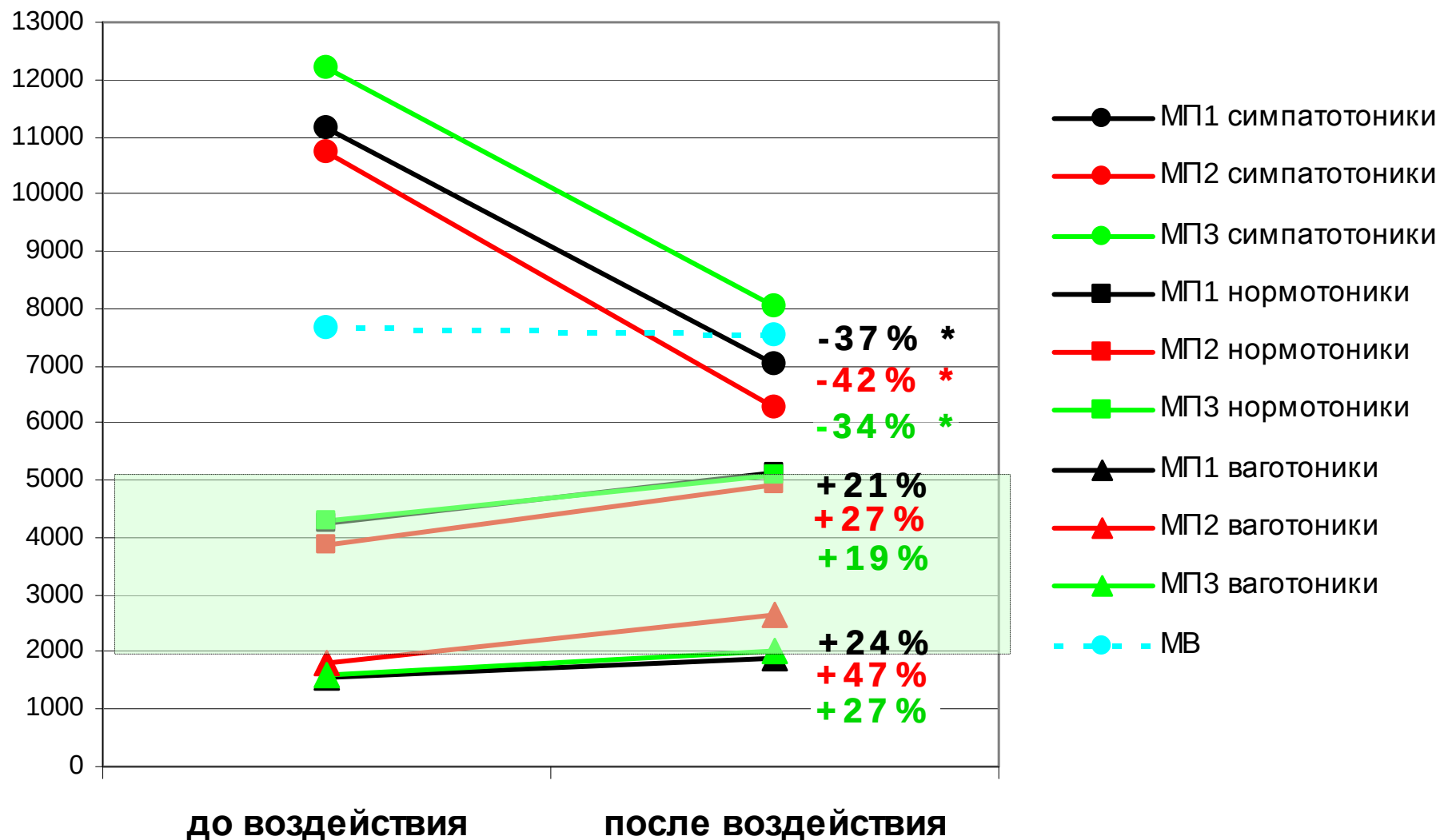
Схема эксперимента



- момент времени регистрации кардиосигнала

Вегетативный статус животных после действия импульсного магнитного поля и после мнимого воздействия

Индекс
напряжения, у.е.



Цветом выделена область нормотонии

Однократное 30-минутное воздействие ИМП всех исследуемых режимов (МП1, МП2, МП3):

- снижало вегетативный тонус животных – симпатотоников с уровня симпатотонии до уровня нормотонии через 30 минут после окончания действия поля;**
- повышало вегетативный тонус животных - нормотоников и ваготоников сразу после воздействия, не выходя за границы диапазона нормотонии.**



ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ В ПОВЫШЕНИИ АКТИВНОСТИ КЛЕТОЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭФФЕКТОРНОГО ЗВЕНА ИММУНИТЕТА ОРГАНИЗМА

Цель:

Сравнение фагоцитарной активности нейтрофилов после однократного воздействия ИМП и курса (14 дней) нормобарической гипоксотерапии.

Факторы и схема воздействия

1) Низкочастотное ИМП в режимах МП1 и МП2.

Воздействие ИМП на крыс проводилась **однократно** в течение 30 минут, за 24 часа до забора крови.

2) Курс нормобарической гипоксической гипоксии (5 % кислорода и 95 % азота) продолжался на протяжении **14 дней** по 30 минут в день. Забор образцов крови проводился через 24 часа после последнего сеанса.

I (Контроль) – мнимое воздействие на крыс;

II (НГГ) – на животных воздействовали нормобарической гипоксической гипоксией;

III (МП 1) – на животных воздействовали ИМП со средним значением модуля магнитного индукции 1,98 мТл;

IV (МП 2) – на животных воздействовали ИМП со средним значением модуля магнитного индукции 2,93 мТл.



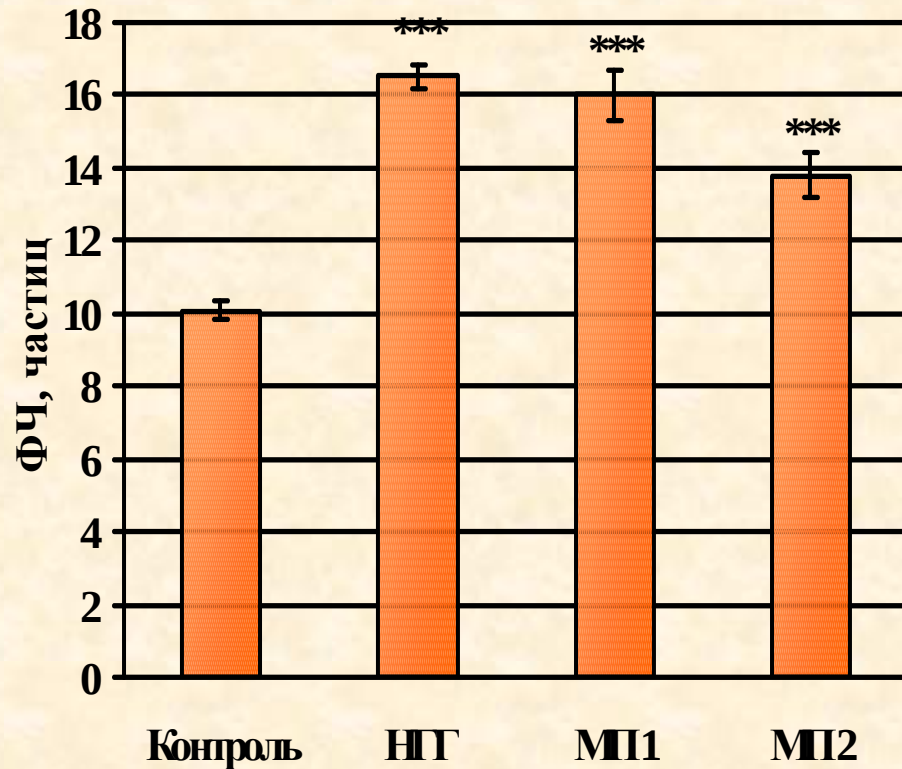
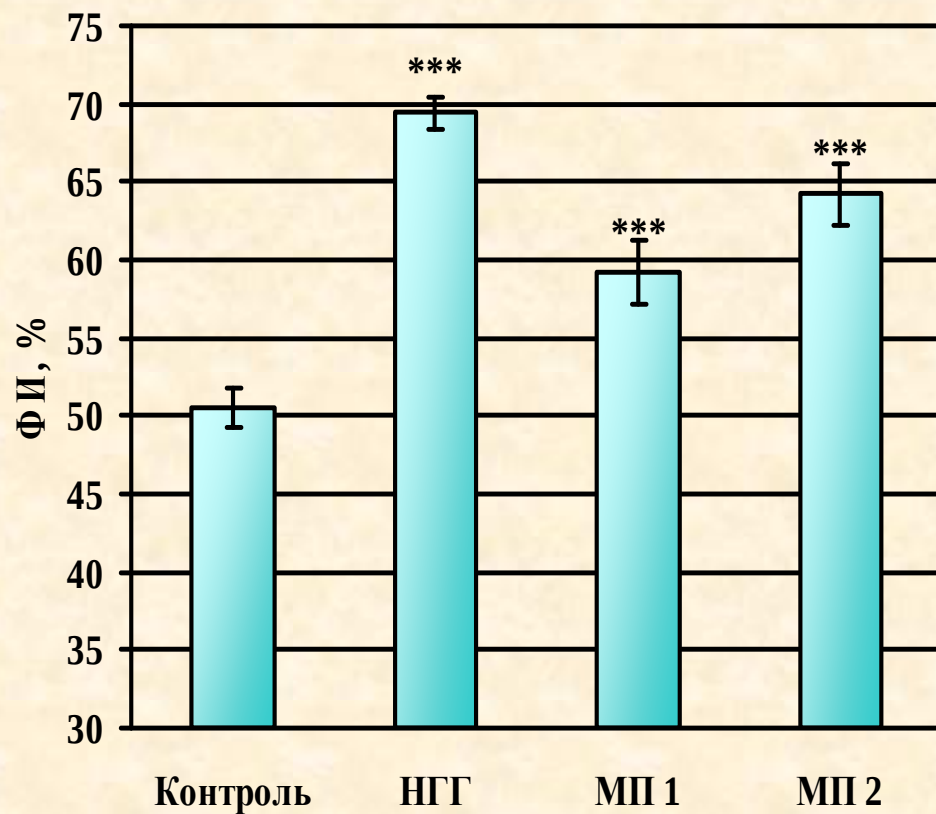
**Для оценки функционального состояния
клеточного звена иммунитета были
использованы:**

**1) Спонтанный и стимулированный тест
с нитросиним тетразолием (НСТ-тест);**

**2) Метод определения фагоцитарной
активности по поглощению нейтрофилами
частиц латекса.**

Фагоцитарная активность нейтрофилов

после воздействия на крыс курса нормобарической гипоксии или однократно ИМП

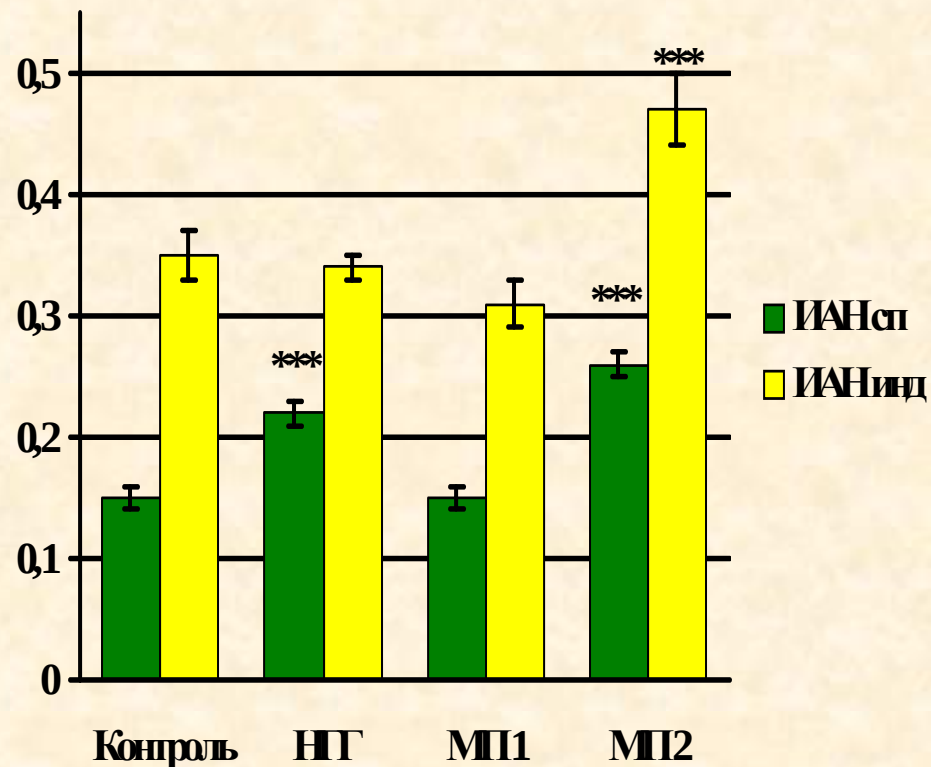
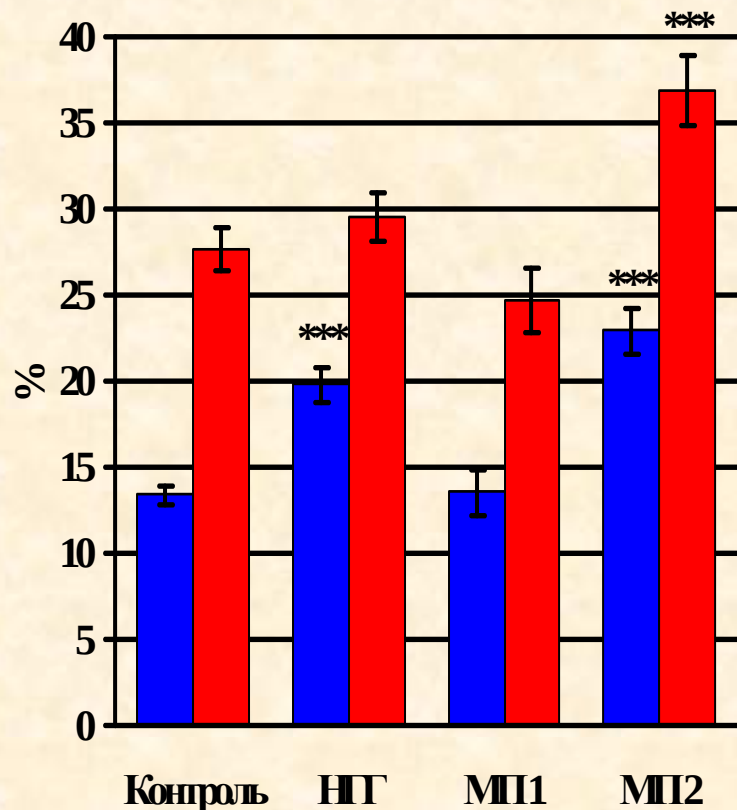


ФИ – фагоцитарная активность нейтрофилов - НСТ-тест

ФЧ - фагоцитарной активности по поглощению нейтрофилами частиц латекса

*** - $p < 0.001$ по t – критерию Стьюдента по отношению к контролю

Метаболическая активность нейтрофилов после воздействия на крыс курса нормобарической гипоксии или однократно ИМП



ИАН – индекс активации нейтрофилов

Спонтанное (СП) - это степень активации кислородзависимых механизмов фагоцитоза

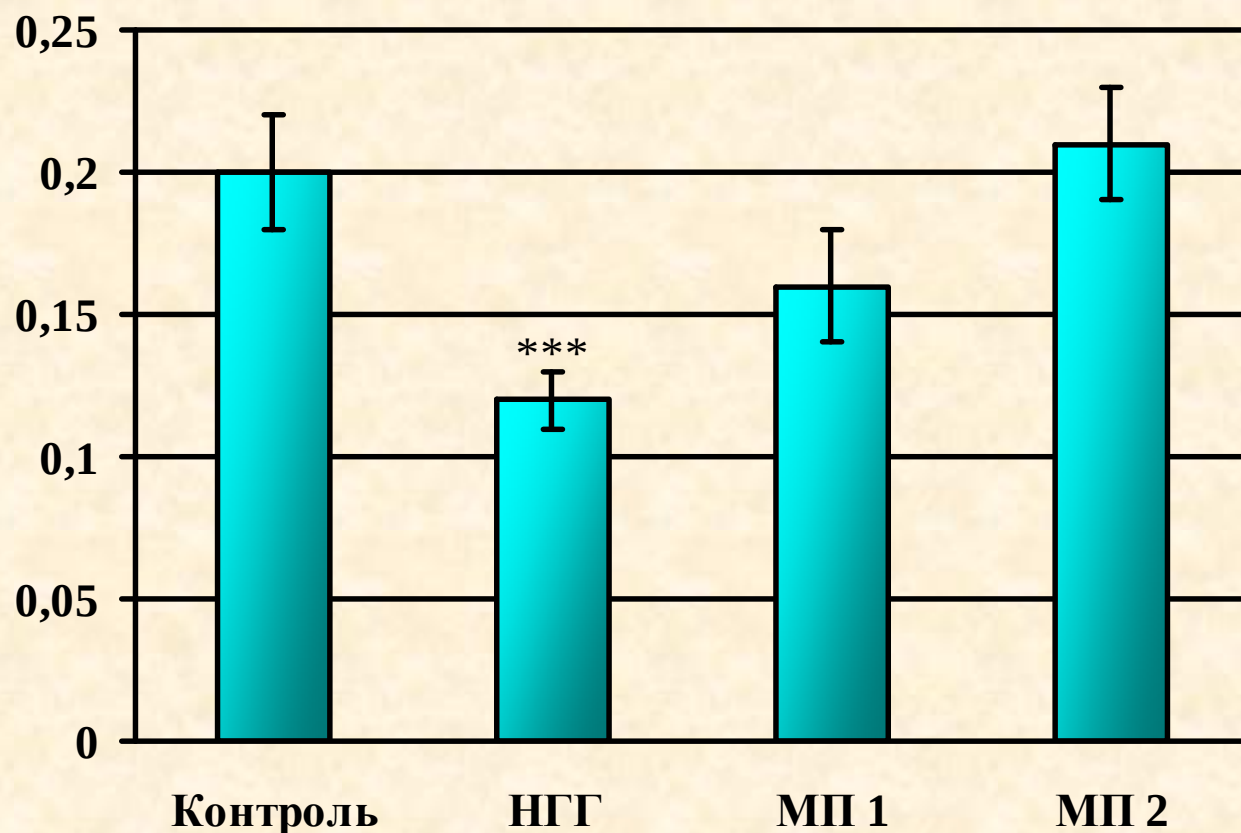
Индуктирование (ИНД) проводили зимозаном

*** - $p < 0.001$ по t – критерию Стьюдента по отношению к контролю



Показатель фагоцитарного резерва нейтрофилов после воздействия на крыс курса нормобарической гипоксии или однократно ИМП

$$ПФР = ИАН_{инд.} - ИАН_{спонт.}$$





- 1.** Курс нормобарической гипоксии (**14дней**) приводит к активации фагоцитарной и метаболической активности нейтрофилов, но сопровождается снижением фагоцитарного резерва.
- 2. Однократное** воздействие ИМП в режимах МП1 и МП2 (со средними значениями магнитной индукции 1,98 мТл и 2,93 мТл) способно стимулировать фагоцитарную активность нейтрофилов, что определяет повышение неспецифической резистентности организма.
- 3.** Воздействие магнитного поля в режиме МП 2 вызывало существенную стимуляцию метаболической активности нейтрофильных гранулоцитов, при неизменном фагоцитарном резерве нейтрофилов.
- 4.** Целесообразно применять ИМП в целях повышения неспецифической резистентности работников экологически неблагоприятных производств.



Влияние магнитного поля на выход эндогенных селезеночных колоний, формируемых стволовыми кроветворными клетками (КОЕ-С – колониеобразующие единицы в селезенке).

Объект исследования

- мыши (гибриды F1 (СВАхС57ВL/6), самки в возрасте 3 месяцев).

Воздействие:

- Импульсным магнитным полем в режиме МП1.

Время:

- воздействие в течение 30 минут, за 24 часа до γ -облучения в дозе 6 Гр.
- забой мышей и подсчет эндоколоний через 8 суток после γ -облучения.

Группы	Кол - во мышей	Среднее число эндоколоний
Контрольная, облучение – $\gamma=6$ Гр	25	0.6 ± 0.2
Опытная, «магнитное поле» + облучение - $\gamma=6$ Гр	25	3.9 ± 0.4

Выживаемость КОЕ-С увеличилась в 6 раз при использовании ИМП за сутки до γ -облучения



Влияние магнитного поля на выживаемость стволовых клеток в эпителии тонкого кишечника после γ - облучения

Мыши: гибриды F1 (CBA $\times$ C57BL/6), самки в возрасте 3 месяцев.

Воздействие: ИМП в режиме МП1 в течение 30 минут за 24 часа до γ - облучения в дозе 15 Гр.

Забой мышей и подсчет микроколоний в криптах эпителия тонкого кишечника: через 3 суток после γ - облучения.

N - общее число выживших после облучения стволовых клеток во всех криптах по периметру поперечного среза тонкой кишки.

Группы	Количество мышей	Среднее значение LgN, M $\pm$ m
Контрольная γ - облучение 15 Гр	5	1.24 $\pm$ 0.05
<u>Магнитное поле</u> + γ - облучение 15 Гр	5	1.73 $\pm$ 0.06

Выживаемость стволовых клеток в криптах кишечника увеличилась в 3 раза при использовании ИМП за сутки до γ - облучения

Схема исследований использования ИМП для защиты от радиации

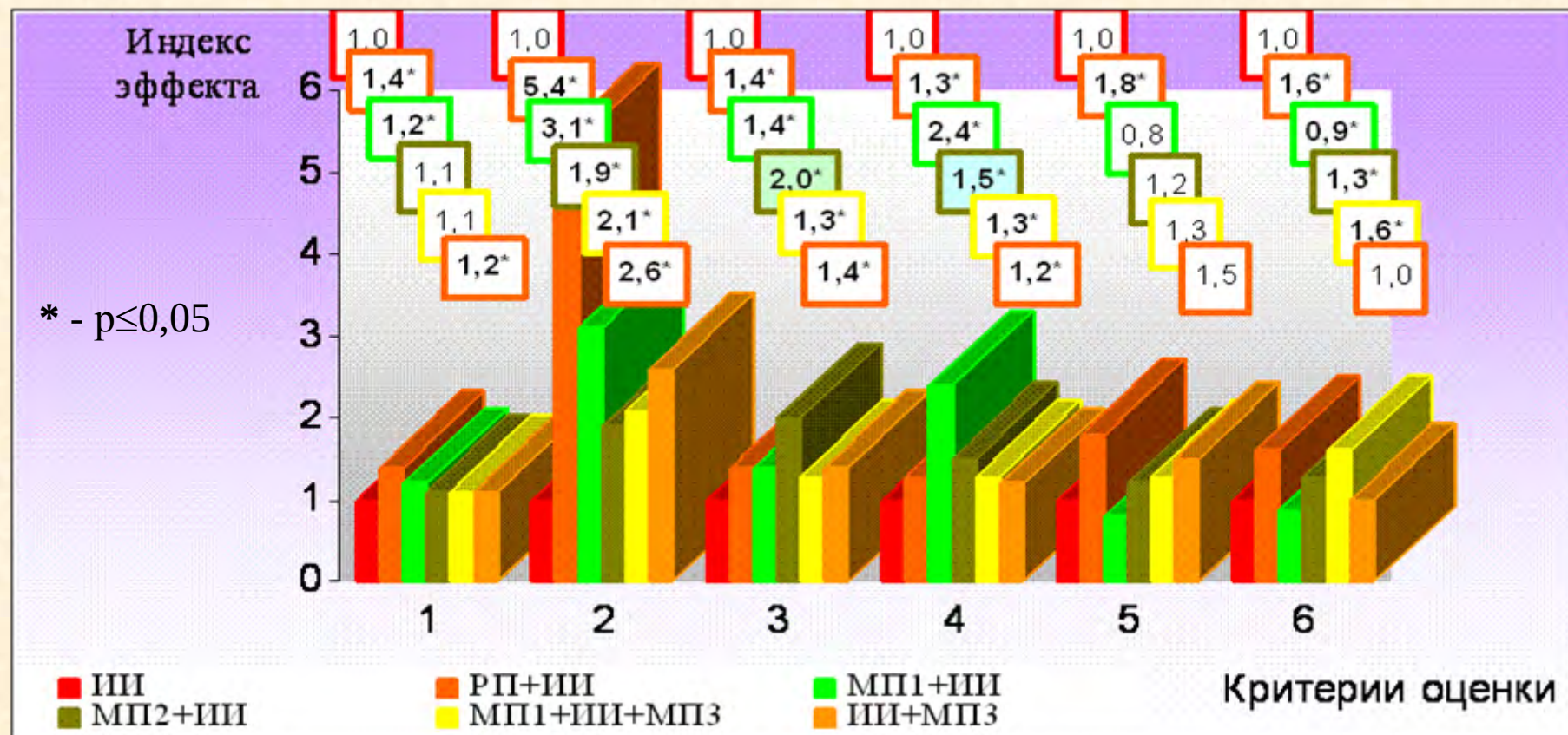


Инструментальное обеспечение

Облучатель (гамма – излучение ^{60}Co)	Максимальное значение дозы, сГр	Мощность дозы, сГр/мин	Тип лучевого поражения
«Луч 1»	200	118,0	Костномозговой
ГУБ-20000	400	51,8	Костномозговой
«Луч 1»	600	118,0	Костномозговой
«Луч 1»	1050	118,0	Кишечный
«Луч 1»	1300	118,0	Кишечный
«Хизотрон»	600	11,5	Костномозговой

Модификация костномозговой формы лучевого поражения импульсным магнитным полем

Индекс эффекта: отношение показателей в контроле (ИИ) к показателям после



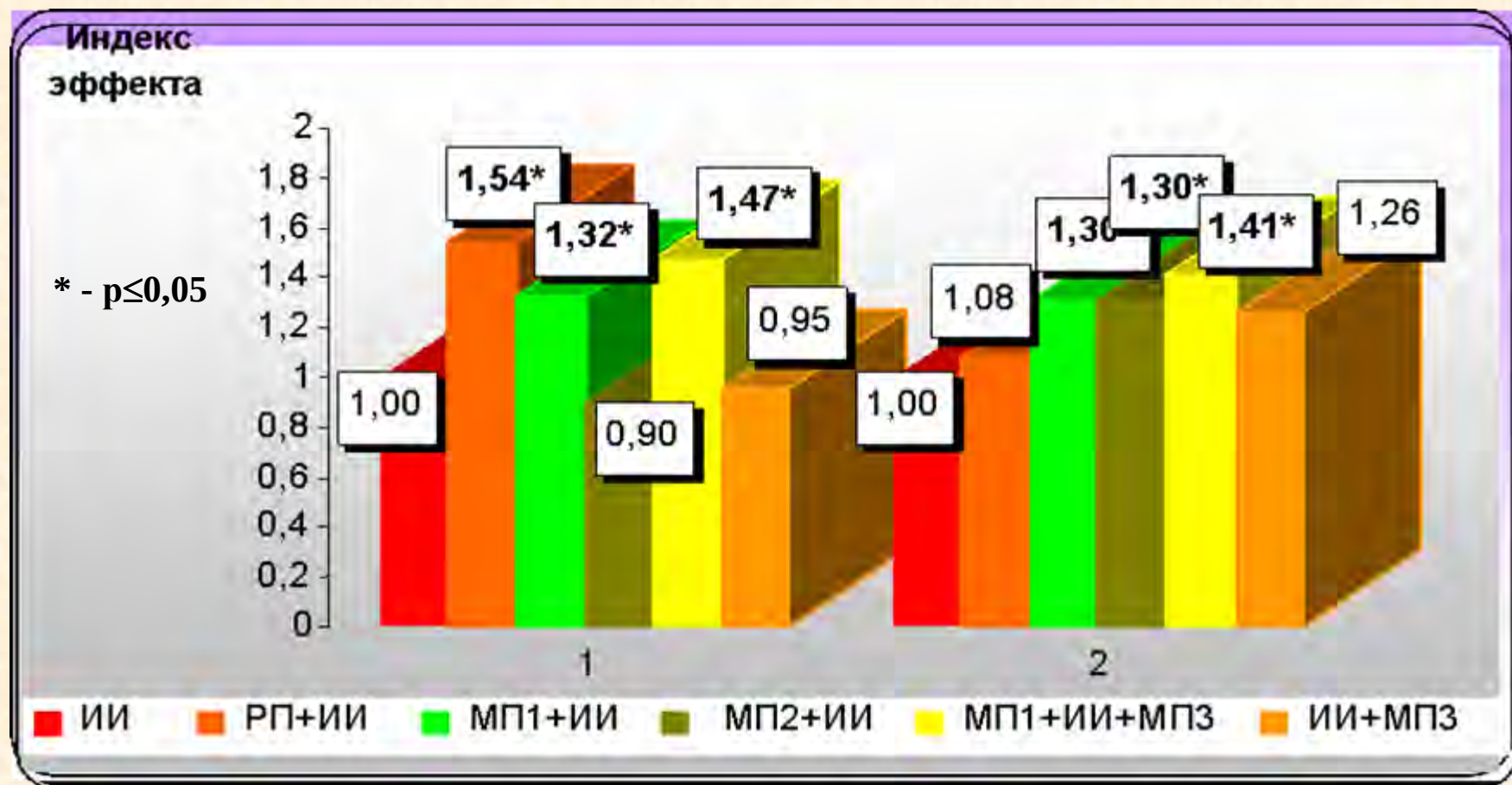
- 1 - вес селезенки мышей; 2 - количество селезеночных эндоколоний;
3 - уменьшение аберрантных клеток костного мозга (в процентах);
4 - уменьшение содержания аберрантных клеток костного мозга (на 100 клеток); 5 - количественное содержание лейкоцитов в крови крыс;
6 - количественное содержание лимфоцитов в крови крыс;



Получено, что ИМП может модифицировать биологические эффекты гамма – излучения при костномозговой форме лучевого поражения лабораторных животных, вызванные дозами 200 сГр и 600 сГр (сверхвысокой мощности дозы 118 сГр/мин).

Причем, эта модификация является радиопротекторной на системном, клеточном и субклеточном уровне. По отдельным критериям оценки эффективность магнитного поля может быть равна или даже превосходить эффективность серотонина.

Модификация кишечной формы лучевого поражения импульсным магнитным полем



1 - Средняя продолжительность жизни (СПЖ) мышей;
2 - выживаемость стволовых клеток эпителия тонкого кишечника мышей;

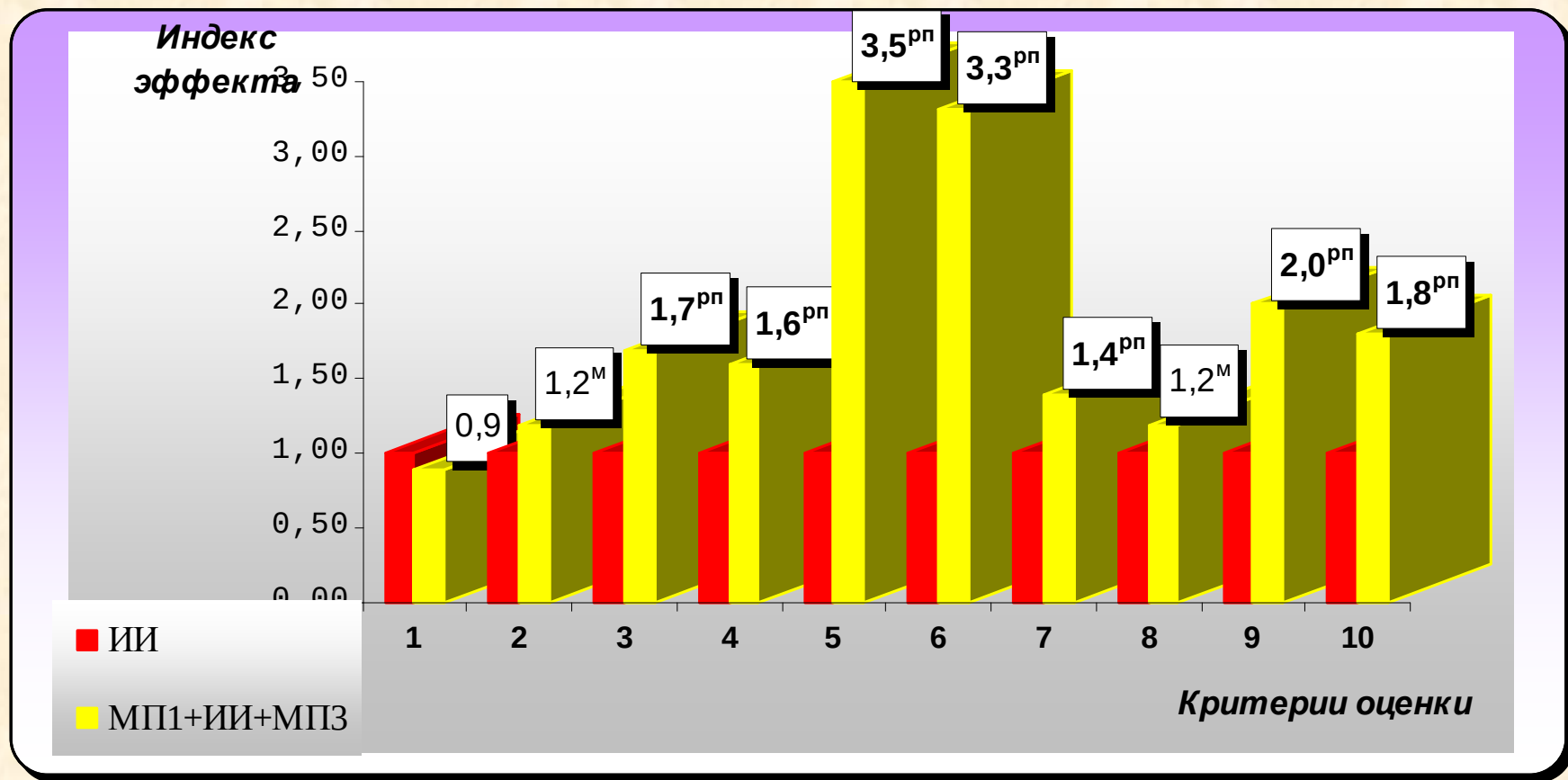


ИМП может модифицировать биологические эффекты, вызванные гамма – излучением при кишечной форме лучевого поражения лабораторных животных в дозах 1050 сГр и 1300 сГр. Причем, модификация, оказываемая магнитным полем, является радиопротекторной, как на организменном, так и на системно – клеточном уровне.

По критерию выживаемости стволовых клеток эпителия тонкого кишечника ИМП всех режимов являлось единственным радиопротектором, поскольку введение серотонина при облучении животных в дозе 1300 сГр не оказывало защитного действия.

Это объясняется тем, что эффективность серотонина, как радиомодификатора ограничена по времени. В данном случае время действия серотонина было меньше времени облучения, продолжавшегося более 25 минут.

Модификация ИМП биологических эффектов действия ионизирующего гамма – излучения (^{60}Co) в дозе 600 сГр (по критериям оценки параметров костного мозга)



1 – недифференцированные клетки; 2 – миелокариоциты;
3, 4 – лимфоидные клетки; 5, 6 – плазматические клетки;
7, 8 – гранулоцитарные клетки; 9, 10 – эритроидные клетки.

Таким образом, ИМП может модифицировать биологические эффекты действия ионизирующего гамма – излучения как при костномозговой, так и при кишечной форме поражения, вызывая радиопротекторный эффект. Причем, модификация лучевого поражения проявляется на всех уровнях организации: **организменном, системном, клеточном и субклеточном.**

Возможный механизм его противолучевого действия осуществляется путем развития общей защитно-приспособительной реакции активации до стадии резистентности, что **подтверждает безопасность применения этого метода для защиты от радиации.** Применение комбинированного режима воздействия (одноразовое применение ИМП за сутки до облучения и многократное - после облучения) позволяет дополнительно использовать механизм проявления биологических эффектов на структурно-метаболическом уровне клеток и тканей, вызванных прямым проникающим действием ИМП, который способствует интенсификации процессов восстановления организма в пострadiационный период.



НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ КАК МОДИФИКАТОР И КОРРЕКТОР СТРЕСС – ИНДУЦИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Использование низкочастотного ИМП со специально подобранными параметрами в качестве средства коррекции стресс - индуцированного состояния имеет ряд преимуществ, которые заключаются в удовлетворении основным требованиям к средствам, применяемым в терапии:

- безопасность и отсутствие побочных эффектов;**
- эффективность при многократном применении;**
- отсутствие снижения работоспособности;**
- формирование устойчивости организма человека к действию широкого спектра неблагоприятных факторов.**

Блок-схема биомagnetного измерительного комплекса

**Сверхпроводящая
магнитометрическая система в
экранированной комнате**



**Аппаратно-программный
комплекс регистрации данных
и управления
магнитометрической системой**



Видеокомплекс





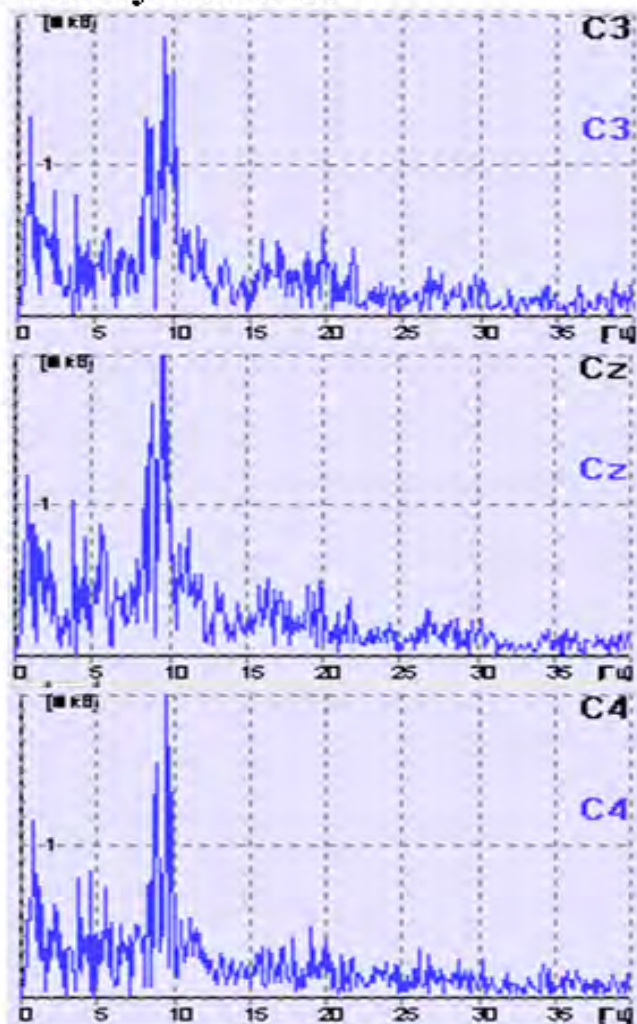
Экранированная комната



Регистрации сигналов магнитной активности головного мозга человека с использованием СКВИД - градиометра позволяет успешно регистрировать и дифференцировать сигналы спонтанной и вызванной магнитной мозговой активности человека.

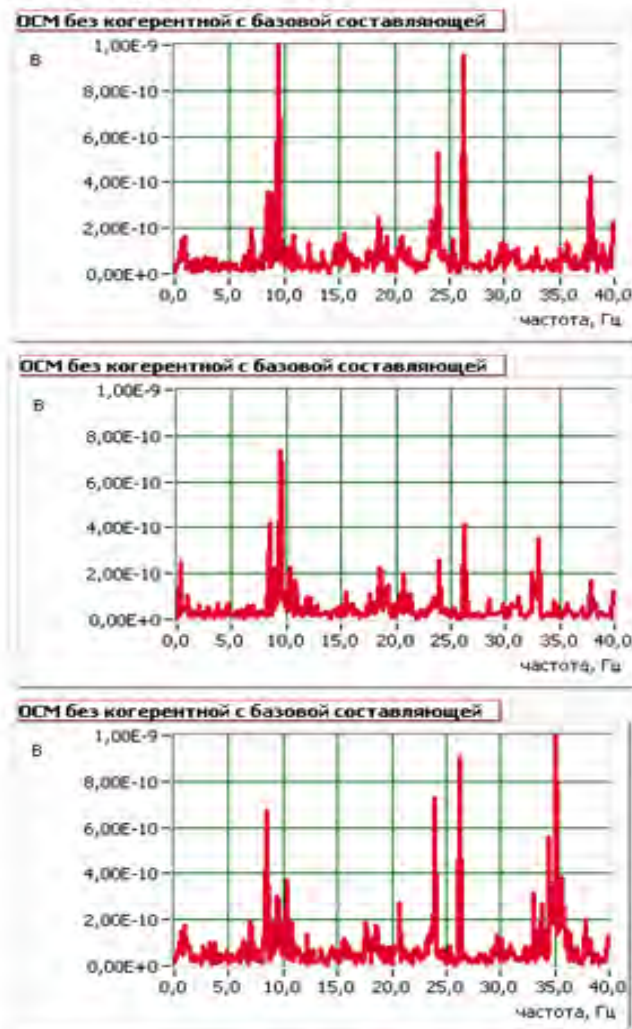
По электроэнцефалограмме

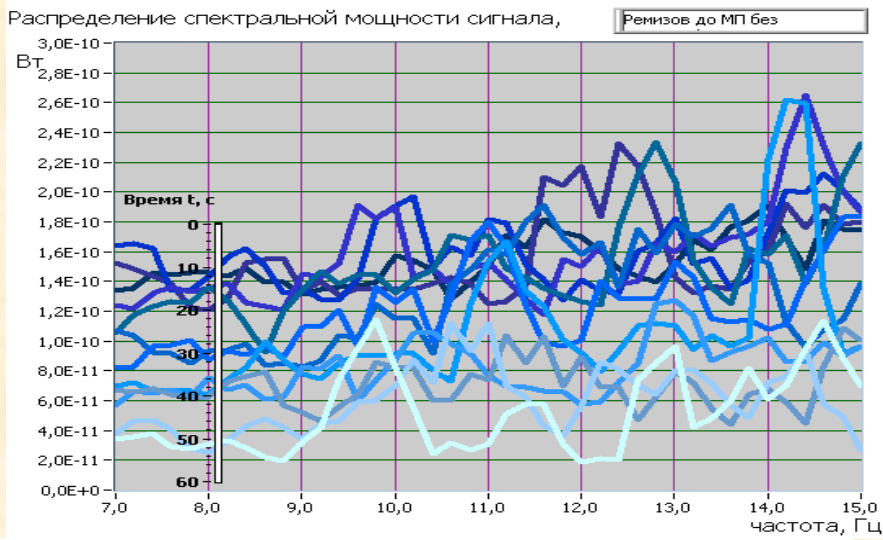
Спектральные характеристики ЭЭГ испытуемого №3



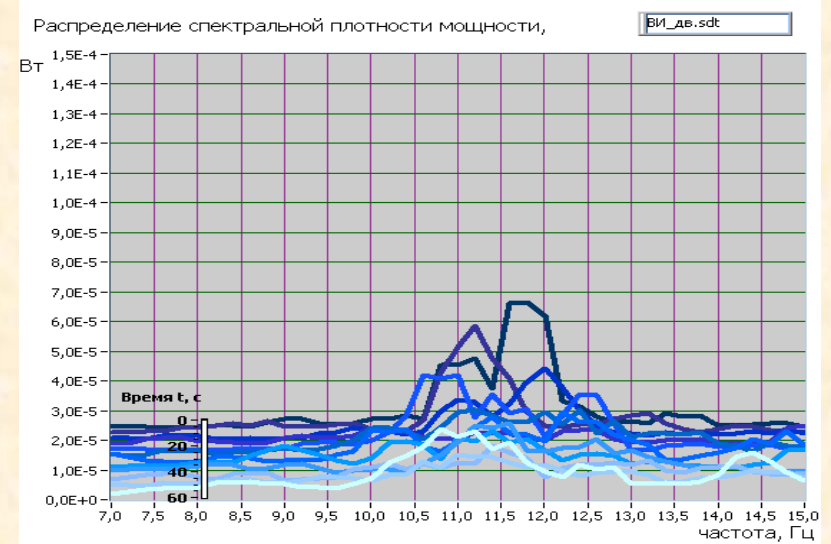
По магнитоэнцефалограмме

Спектральные характеристики МЭГ испытуемого №3

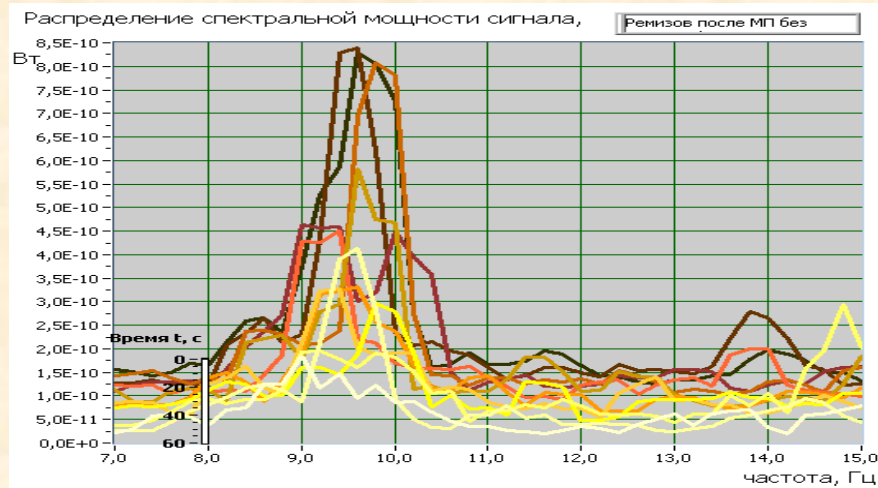




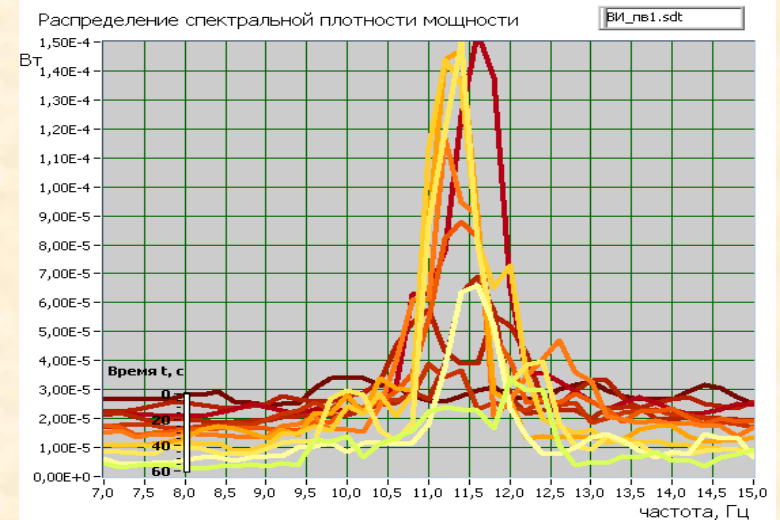
а) до воздействия ИМП: полная разбалансировка альфа ритма головного мозга, отсутствие внимания и сосредоточенности, нарушение операторской деятельности.



в) до воздействия ИМП: снижена амплитуда альфа-ритма, сонное состояние.

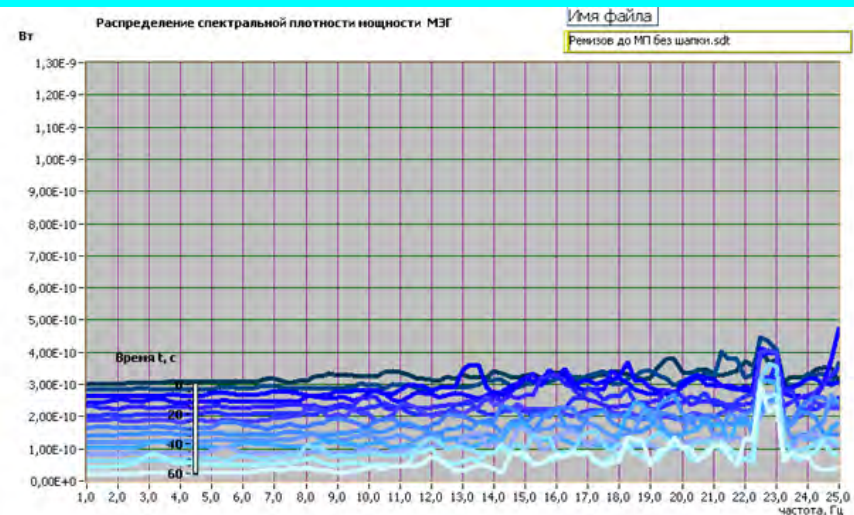


б) после воздействия МП: восстановился альфа-ритма (9,7Гц), отвечающий за мыслительную деятельность, восстановилась операторская деятельность.

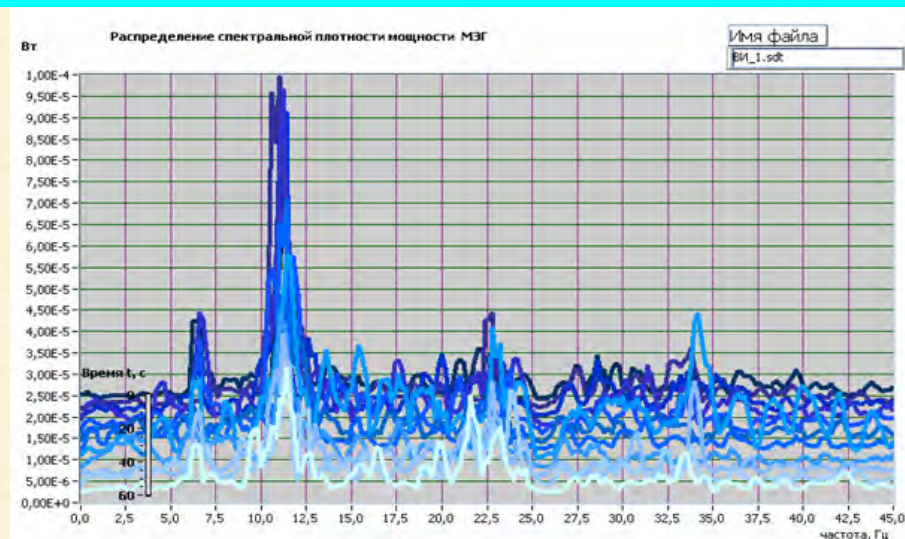


г) после воздействия ИМП происходит восстановление альфа-ритма

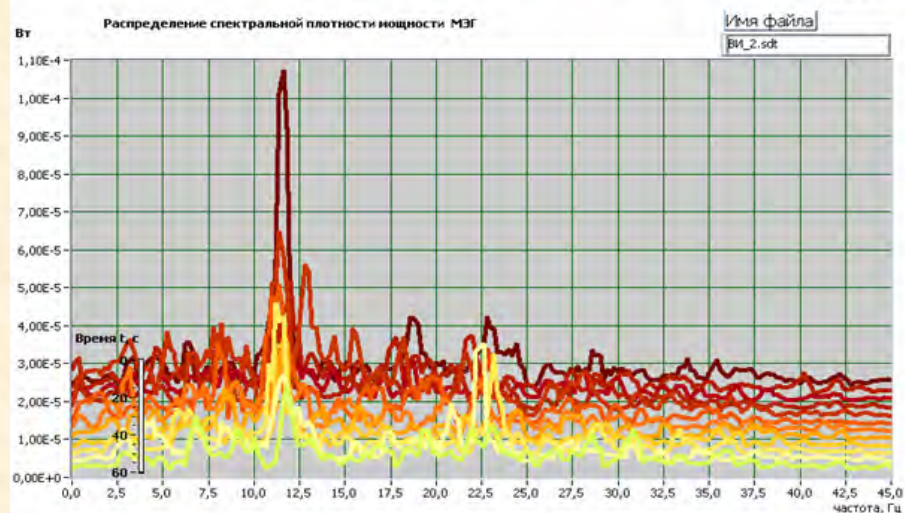
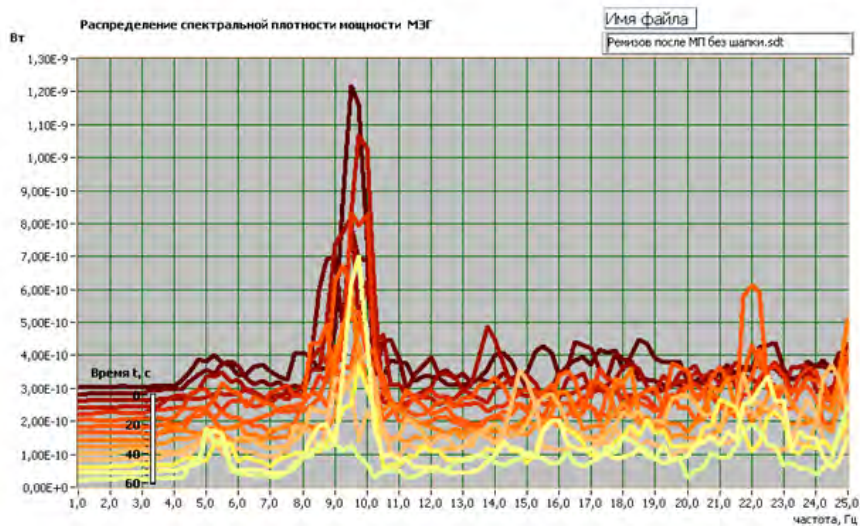
✿ Обнаружено, чем менее устойчиво первоначальное функциональное состояние мозга, тем ярче изменения МЭГ в положительную сторону после воздействия ИМП.



а)



б)

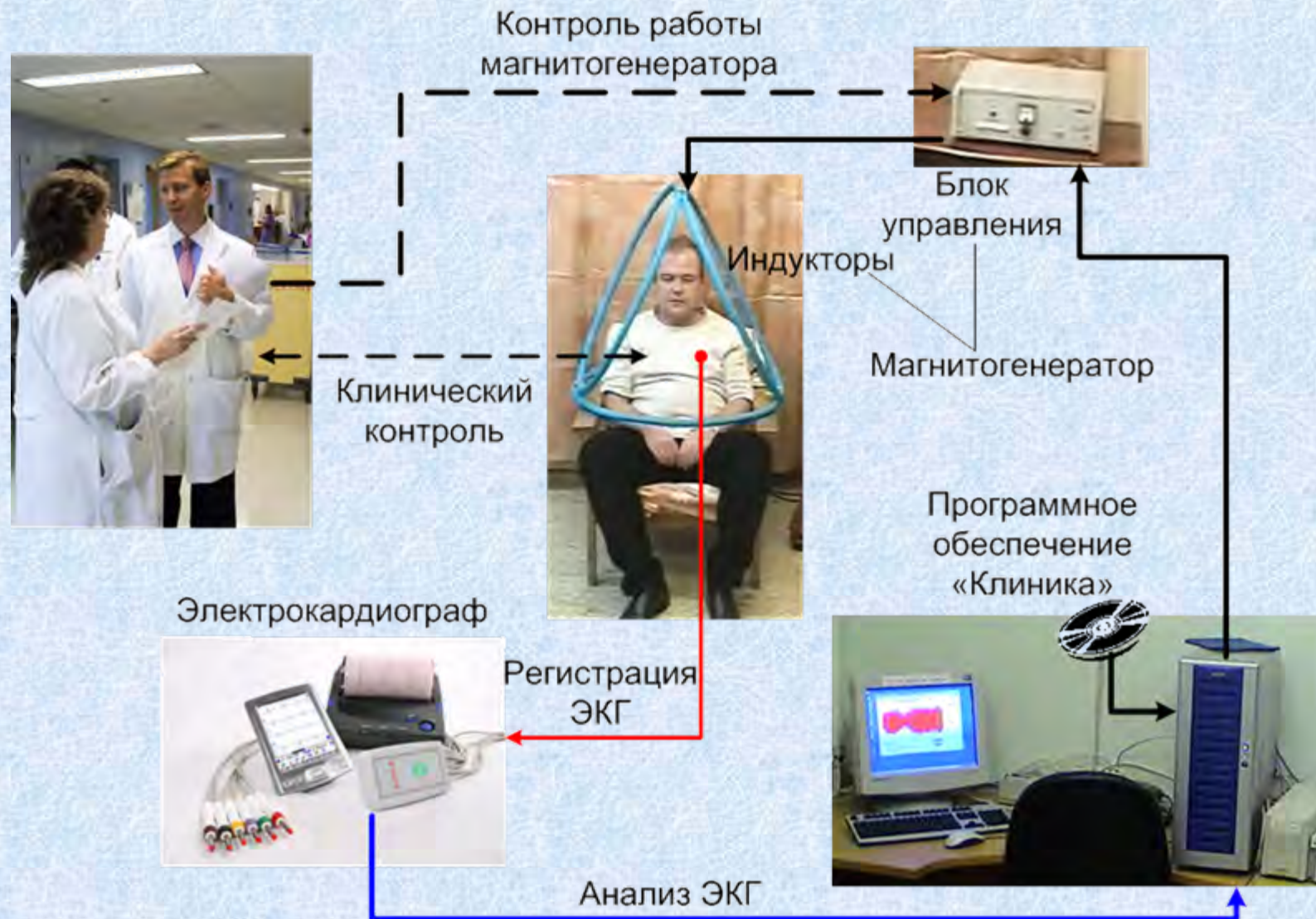


Распределение во времени спектральных плотностей мощностей отрезков МЭГ длительностью по 10 с для 2-х человек с первоначально неустойчивым функциональным состоянием а) и устойчивым - б) (вверху - до воздействия ИМП, внизу – после воздействия ИМП)



Получено, что воздействие ИМП в режимах согласованных со спектром variability сердечного ритма стабилизирует альфа-ритм, уменьшая его частотную девиацию, что повышает способность к абстрактному мышлению, повышает работоспособность и снижает восприятие внешних раздражителей.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕАНСОВ МАГНИТОТЕРАПИИ.



Клиническая апробация данного метода проводилась в течение трех лет на базе кардиологического отделения ГУЗ НОКБ им. Н.А. Семашко (г. Н-Новгород) в отделении физиотерапии.

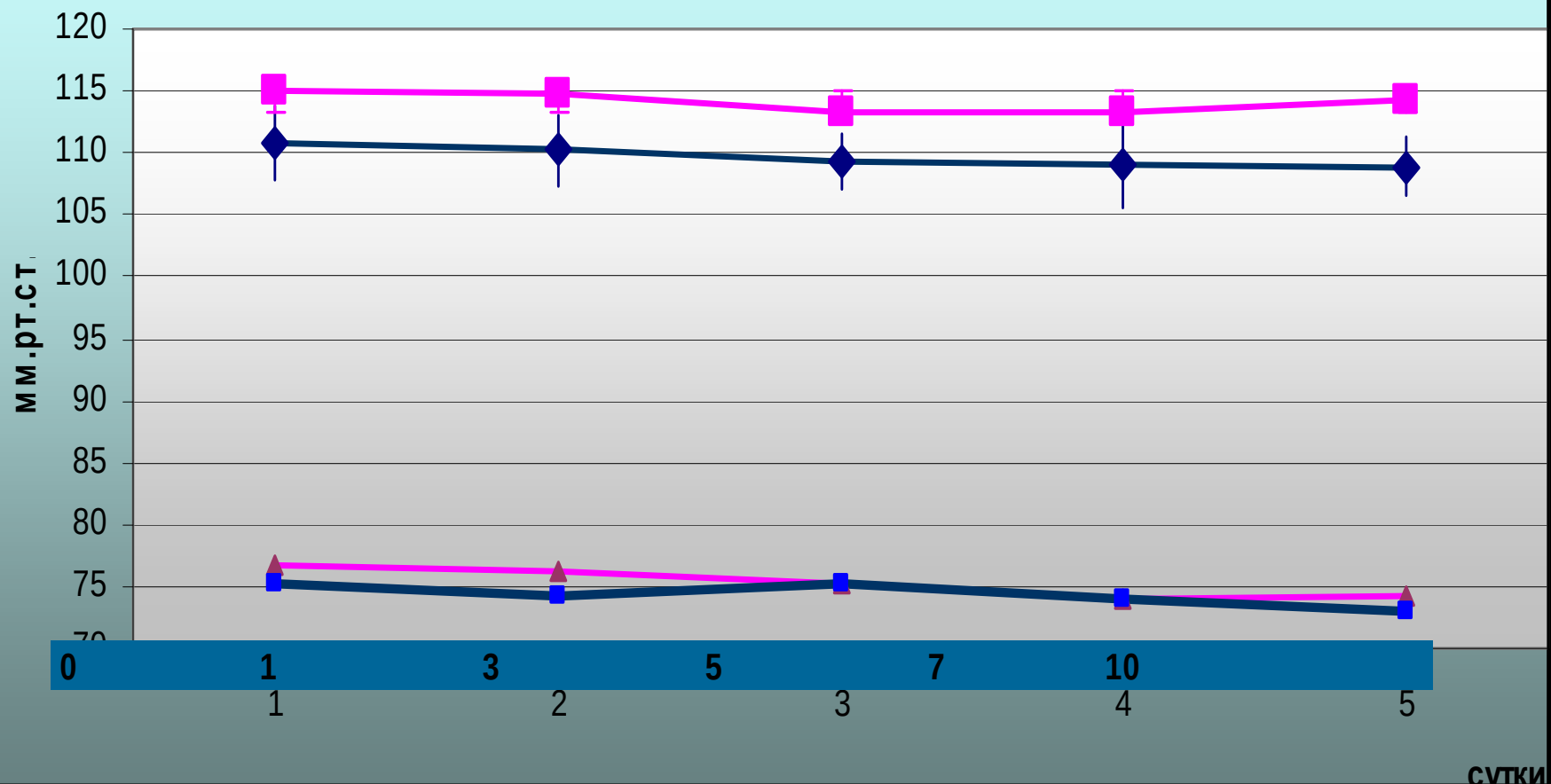
В контрольном исследовании участвовали пациенты обоих полов в возрасте от 20 до 60 лет. Группы пациентов были следующими:

- группа здоровых с имитацией воздействия МП (15 чел);
- группа здоровых с воздействием МП (15 чел);
- **больные** артериальной гипертензией 1-2 стадии, получающие базовую гипотензивную терапию (бета-блокаторы, ингибиторы ангиотензин превращающего фермента (ИАПФ), сартаны, антагонисты кальция, диуретики) с имитацией воздействия МП (20чел);
- **больные** артериальной гипертензией 1-2 стадии, получающие аналогичную гипотензивную терапию с воздействием МП (20 чел).

Группы пациентов были сопоставимы по полу, возрасту, исходным показателям АД, частоте сердечных сокращений (ЧСС), диагнозу при поступлении в стационар, базисной медикаментозной терапии и характеру сопутствующей патологии:

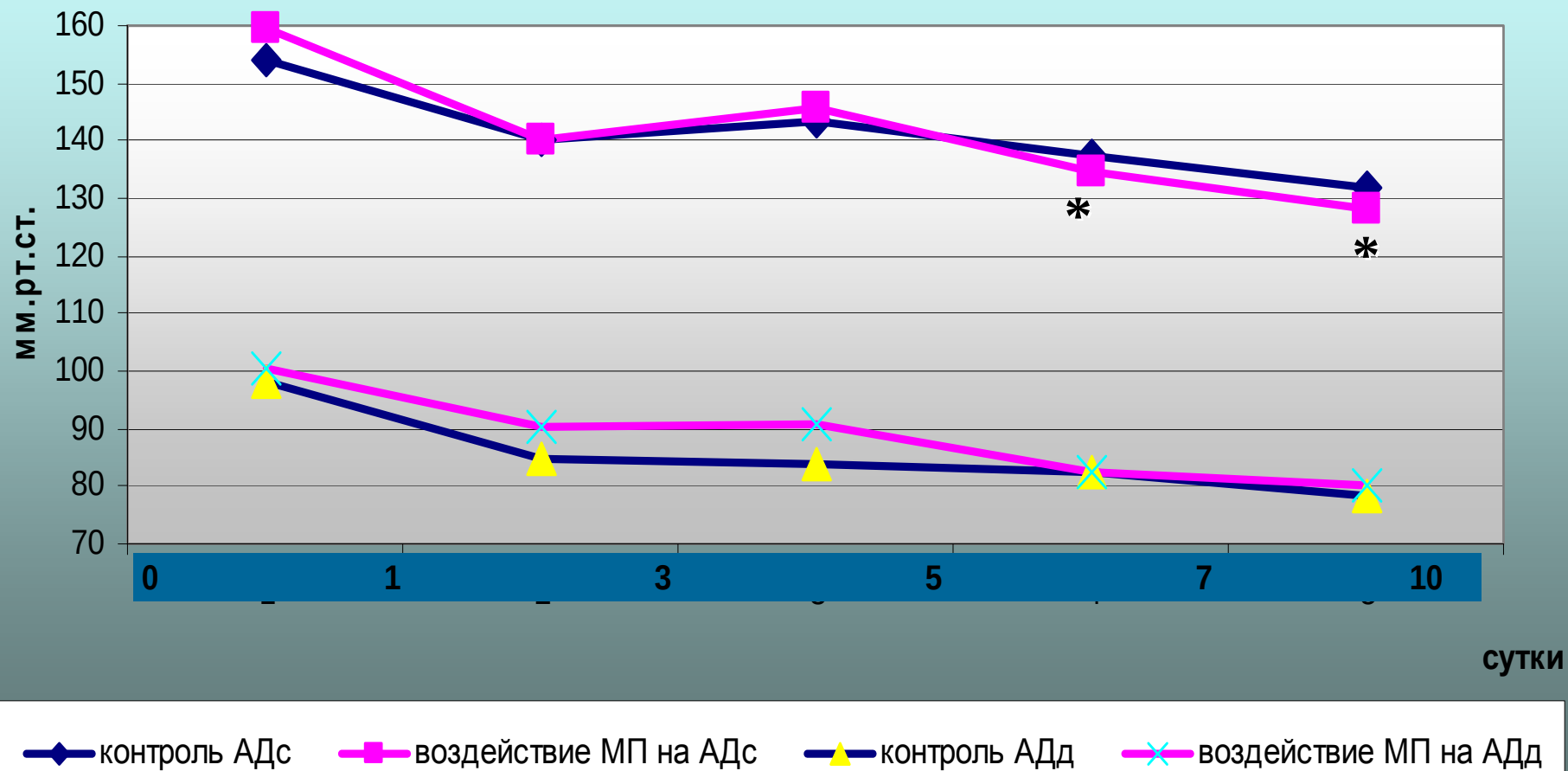
- хроническая сердечная недостаточность 1-2 функционального класса;**
- ишемическая болезнь сердца;**
- стенокардия напряжения 1-2 функционального класса.**

Уровень систолического и диастолического артериального давления у здоровых пациентов за период наблюдения

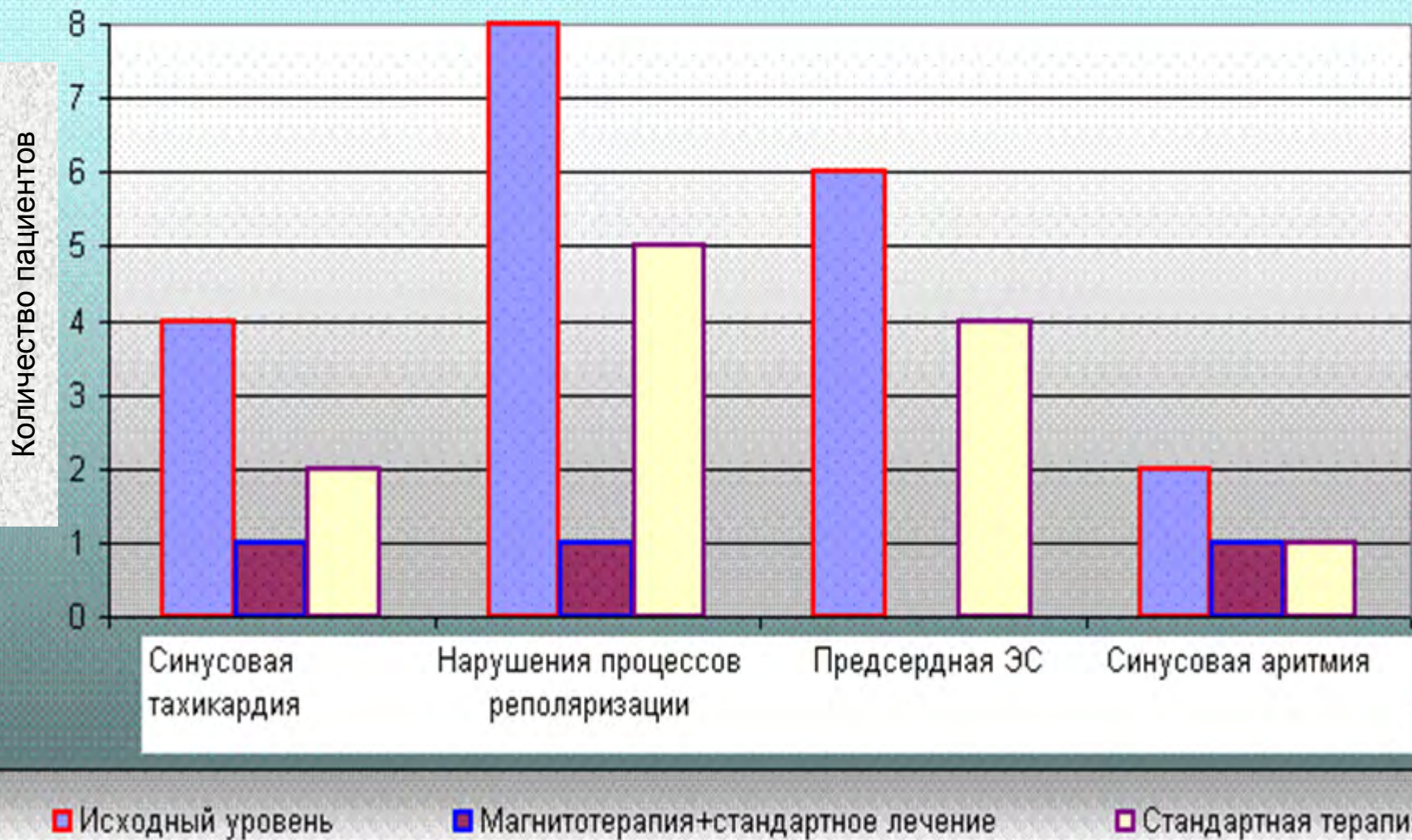


—◆— контроль АДс —■— воздействие МП на АДс —▲— контроль АДд —■— воздействие МП на АДд

Уровень систолического и диастолического артериального давления в группе пациентов с заболеванием АГ за период наблюдения



Результаты исследования ЭКГ в группе с заболеванием АГ после прохождения стандартного и комплексного лечения



Реализация подхода с индивидуальным подбором параметров ИМП для пациентов с артериальной гипертензией показала:

- происходит стабилизация синусовой аритмии и синусовой тахикардии у 50% пациентов;
- полностью (100%) устраняется предсердная экстрасистолия;
- достоверно снижается уровень систолического артериального давления на 13% по отношению к начальному уровню;
- достоверно снизилась частота сердечных сокращений (на 15%) по отношению к исходному уровню.
- приблизились к физиологической норме практически все клинические показатели кардиоинтервалографии пациентов (вариабельность ритма, вагусный контроль, общая мощность спектра и др.);
- отмечена тенденция к восстановлению симметрии скорости кровотока по средним мозговым артериям и повышению уровня индекса циркуляторного сопротивления, что значительно уменьшает выраженность дистонических проявлений;
- улучшилось общее самочувствие пациентов: практически у всех исчезает головная боль, полностью исчезают боли в области сердца, головокружение, общая слабость.



Следовательно, ИМП сигнал которого согласован с ритмами биосистемы не приводит к значительным изменениям в состоянии здорового организма на органном, системном, клеточном и субклеточном уровнях.

Наблюдаемый характер флюктуаций является результатом защитно-компенсаторных реакций в пределах нормы.

Возможный механизм действия магнитного поля заключается в развитии реакции активации, повышающей общую резистентность организма, что позволяет обеспечить безопасность применения ИМП в качестве защитного и модифицирующего средства.



При наличии альтераций, таких как нарушение процессов клеточной пролиферации, γ -облучение, недостаток сбалансированности отделов вегетативной нервной системы, нарушение функционального состояния головного мозга (снижение амплитуды альфа-ритма, сонное состояние, отсутствие внимания и сосредоточенности, нарушение операторской деятельности), артериальная гипертензия и др. ИМП согласованное по спектру мощности со спектром флуктуаций ЧСС способно модифицировать эти состояния приближая их к физиологической норме.

**Причем, модификация альтераций
проявляется на всех уровнях организации:
организменном, системном, клеточном и
субклеточном.**



Это служит экспериментальным
доказательством безопасности
применения низкочастотного ИМП со
спектром мощности огибающая
которого подчиняется зависимости $1/f^n$
при $n=0,8-1,4$

и может использоваться для
модификации как нормальных, так и
альтерированных функций организма.



**Благодарю
за внимание**