

# НИЗКОЧАСТОТНОЕ ИМПУЛЬСНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ КАК ПРОТЕКТОР СТРЕССИНДУЦИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ, ВЫЗВАННОГО ГИПОКСИЕЙ

*Ю. Е. Ананьева, Е. П. Лобкаева, О. А. Захарова*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

## Введение

Распространение основных хронических неинфекционных заболеваний (ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, инсульт, язва желудка, хронические гастриты, неврологические состояния, психические расстройства) в основном является проявлением различных стрессовых ситуаций, с которыми люди все чаще встречаются в современном мире, особенно в условиях производства. Это определяет актуальность поиска средств и методов повышения резистентности организма к стрессовым воздействиям. В качестве протекторов негативных последствий стресса все чаще применяют воздействия низкочастотных магнитных полей. Однако следует учитывать, что в зависимости от режима воздействия, магнитные поля могут вызывать разнонаправленные изменения в организме.

Ранее в РФЯЦ-ВНИИЭФ был получен патент РФ № 2248229 кл. МПК 7А61N 2/02, в котором показано, что восстановление функционального состояния организма низкочастотным импульсным магнитным полем можно обеспечить используя последовательность режимов (1,5–3,2–1,5) мТл.

**Целью нашей работы** явилось исследование возможности применения низкочастотного импульсного магнитного поля в качестве протектора стрессиндуцированного состояния, вызванного гипоксическим воздействием.

## Материал и методы исследования

Исследование проводилось на беспородных белых крысах-самцах.

Таблица 1

Рабочие характеристики режима обработки магнитным полем

Схема (режим) воздействия	Максимальное значение модуля магнитной индукции в центре контейнера ( $ B _{\max}$ ), мТл	Экспозиция варианта воздействия, мин.
ИМП1	1,5	10
	3,2	10
	1,5	10
ИМП2	3,2	10
	1,5	10
	3,2	10

Таблица 2

Схема эксперимента

Группа животных	Гипоксия	Режим ИМП
Группа I	Подъем в течение 5 минут на высоту 5000м на 1 мин со скоростью 1 км/мин с последующим 5 минутным спуском с той же скоростью	Мнимое воздействие
Группа II		1,5-3,2-1,5 мТл
Группа III		3,2-1,5-3,2 мТл

В течение 12 дней животных обрабатывали ИМП в период с 4 до 5 часов утра при помощи лабораторной установки трехлепестковый «Бутон» с формой сигнала вида затухающей синусоиды  $U(t) = U_0 e^{-\alpha t} \cdot \sin \omega t$ . Тестирование параметров магнитного поля проводили однокомпонентным тесламетром

ТП2-2У. Для обработки магнитным полем животных помещали в контейнер с прозрачными стенками без ограничения движения. Контейнер размещали в рабочей зоне используемой установки. Обработку магнитным полем осуществляли тотально – на все тело.

После гипоксического воздействия животных подвергали декапитации с последующим забором крови на анализ.

### Методики биохимических исследований

Оценку биохимических показателей крови: определение уровня мочевины, общего белка, активности аспартатаминотрансферазы (АсАт) и аланинаминотрансферазы (АлАт),  $\gamma$ -глутаминтранспептидазы ( $\gamma$ -ГГТ) проводили с использованием биохимических реагентов “ДИАКОН ДС” ЗАО Вектор – Бест – Урал, на полуавтоматическом биохимическом анализаторе BTS-350.

### Методики гематологических исследований

Для оценки гематологических показателей красной и белой крови использовали стандартные методики: определение количества эритроцитов, гематокрита, гемоглобина, тромбоцитов, а также рассчитывали эритроцитарные индексы, среднее распределение гемоглобина в эритроците МСН, средняя концентрация гемоглобина в эритроците МСНС, средний объем эритроцита МСV [1].

Проверка на нормальность распределения проведена с использованием W-теста Шапиро-Уилка [2].

Оценка статистической значимости различий средних значений показателей двух независимых групп проведена с использованием t-критерия Стьюдента (при нормальном распределении данных) и U-критерия Манна-Уитни (при распределении отличном от нормального) с вероятностью  $p \leq 0,05$ .

### Результаты работы и их обсуждение

Анализируя результаты эксперимента выявили, что у группы животных, подвергавшихся воздействию гипоксии с литературными нормами, отметили - уровень мочевины и общего белка в сыворотке крови крыс не отличался от литературного контроля, в отличие от уровня фермента  $\gamma$ -глутаминтранспептидазы ( $\gamma$  – ГГТ), который превышал показатели нормальных значений примерно в 2 раза (

Рис. 1).

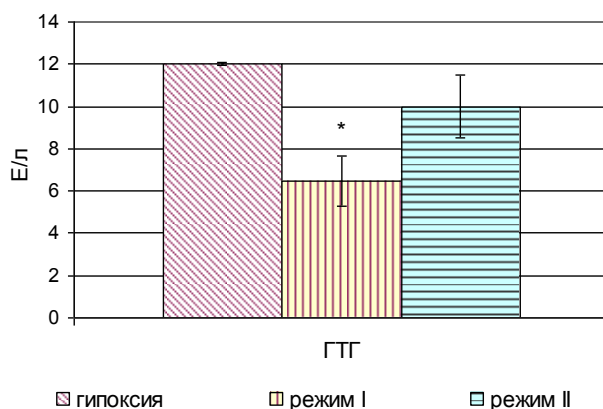


Рис. 1. активность фермента  $\gamma$  – ГГТ при разных режимах воздействия

Вместе с тем активность цитоплазматических трансаминаз печени – АсАт и АлАт не отличалась от литературной нормы (АсАт 110-140Е/л, АлАт 72-196 Е/л) Таблица 1). Рост активности фермента  $\gamma$  – ГГТ в сыворотке крови экспериментальных животных после воздействия гипоксии, может быть связан с его высвобождением из мембран клеток печени, поскольку известно, что именно этот фермент является наиболее чувствительным к повреждающим воздействиям различных факторов наряду с другими трансферазами [3]. В связи с этим, можно предположить, что воздействие гипоксии могло способствовать нарушению проницаемости клеточных мембран, распаду мембранных структур гепатоцитов с последующим выходом в плазму фермента.

После воздействия ИМП в режиме I (1,5–3,2–1,5 мТл) в крови крыс отмечалось достоверное увеличение уровня мочевины по сравнению с I группой животных (на 41%,  $p \leq 0,01$ ), которых помещали в условия гипобарической гипоксии (Рис. 2).

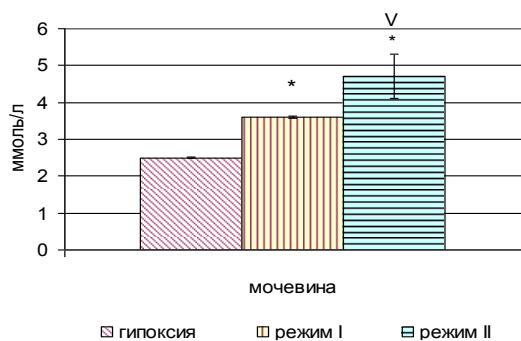


Рис. 2. Уровень мочевины при разных режимах воздействия

Активность фермента АлАт также возрасла, однако не выходила за границы литературной нормы. Уровень фермента  $\gamma$  – ГТГ достоверно снижался относительно I группы животных (на 60%,  $p \leq 0,01$ ) и приближался к уровню «контрольных» значений. Можно предположить, что воздействие ИМП в исследуемом режиме способствовало восстановлению мембранных структур клетки, т.е. наблюдался гипоксопротекторный эффект импульсного магнитного поля.

О более высокой устойчивости организма к гипоксии у животных, находящихся во II группе, говорит и рост числа эритроцитов в периферической крови (на 29%,  $p \leq 0,01$ ), а также повышение уровня гемоглобина (на 25%,  $p \leq 0,01$ ).

Таблица 3

Биохимические показатели крови крыс после воздействия импульсного магнитного поля лабораторной установки трехлепестковый «Бутон»

Биохимические показатели	Группа I	Группа II	Группа III
	гипоксия	ИМП1+гипоксия	ИМП2+гипоксия
Мочевина, ммоль/л	2,55±0,02	3,58±0,04 *	4,70±0,60 * <sup>V</sup>
Белок общий, г/л	73,27±1,78	79,75±3,06	74,5±5,72
Алат, Е/л	42,72±0,49	116,75±11,88 *	58,5±4,83 *
Асат, Е/л	124,72±8,28	137,75±7,97	113±2,08 ** <sup>V</sup>
$\gamma$ -ГТГ, Е/л	11,77±0,08	6,50±1,19 *	10±1,47

\* – достоверное отличие по Стьюденту ( $p \leq 0,05$ ) от группы I;  
<sup>V</sup> – достоверное отличие по Стьюденту ( $p \leq 0,05$ ) от группы II.

Таблица 4

Гематологические показатели крови крыс после воздействия импульсного магнитного поля лабораторной установки трехлепестковый «Бутон»

Гематологические показатели крови	Группа I	Группа II	Группа III
	Гипоксия	ИМП1+гипоксия	ИМП2+гипоксия
Гемоглобин, г/л	118,50±11,55	147,75±3,97 *	139,0±8,09
Эритроциты, $10^6$ /л	5,89±0,56	7,58±0,18*	7,00±0,22 *
МСН, пг	20,03±0,38	19,48±0,44	19,70±0,52
МСV, фл	52,80±1,01	52,75±0,88	50,32±1,13
МСНС, г/дл	38,08±0,21	36,60±0,46 *	39,17±0,16 * <sup>V</sup>
Тромбоциты $10^9$ /л	469,25±76,25	589,75±64,77	703,75±32,12*
Лейкоциты $10^9$ /л	8,33±0,61	9,55±1,02	12,42±1,47 *

\* – достоверное отличие по Стьюденту ( $p \leq 0,05$ ) от группы I;  
<sup>V</sup> – достоверное отличие по Стьюденту ( $p \leq 0,05$ ) от группы II.

Рис. 3). Поскольку средняя концентрация гемоглобина в эритроците была меньше, то можно сказать, что рост уровня гемоглобина произошел из-за увеличения количества эритроцитов, что обусловлено выходом их из депо.

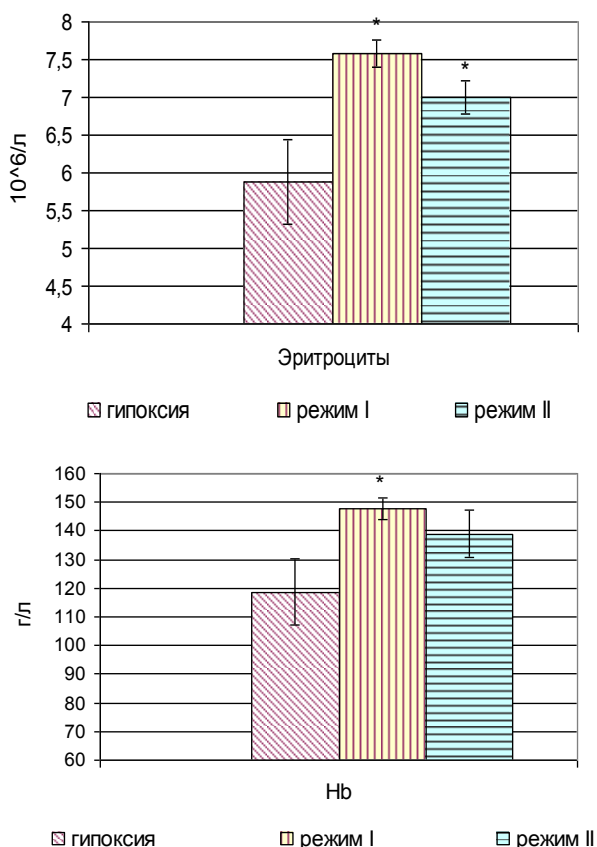


Рис. 3. Содержание эритроцитов и уровень гемоглобина при разных режимах воздействия

После воздействия ИМП в режиме II (3,2–1,5–3,2 мТл) отмечалось достоверное увеличение концентрации мочевины в сыворотке крови крыс на 31% ( $p \leq 0,01$ ) по сравнению с группой II и на 85% ( $p \leq 0,01$ ) относительно I группы, что могло быть связано с увеличением ее синтеза в печени. С другой стороны, это могло свидетельствовать о сгущении плазмы крови. Активность же фермента  $\gamma$  – ГГТ в крови имела тенденцию к росту (на 54 %) относительно его уровня у животных II группы и достоверно не отличалась от его уровня после воздействия гипоксии. В связи с этим можно предположить, что ИМП в данном режиме

не способствовало развитию протекторного эффекта от гипоксии. На это указывает и увеличение клеточности периферической крови – отмечались негативные изменения в виде статистически значимых лейкоцитоза (на 50%,  $p \leq 0,01$ ) и тромбоцитоза (на 50 %,  $p \leq 0,01$ ) (

Рис. 4), что в свою очередь обусловило повышение уровня мочевины в сыворотке крови у этой группы животных и могло быть связано с развитием ДВС-синдрома [4].

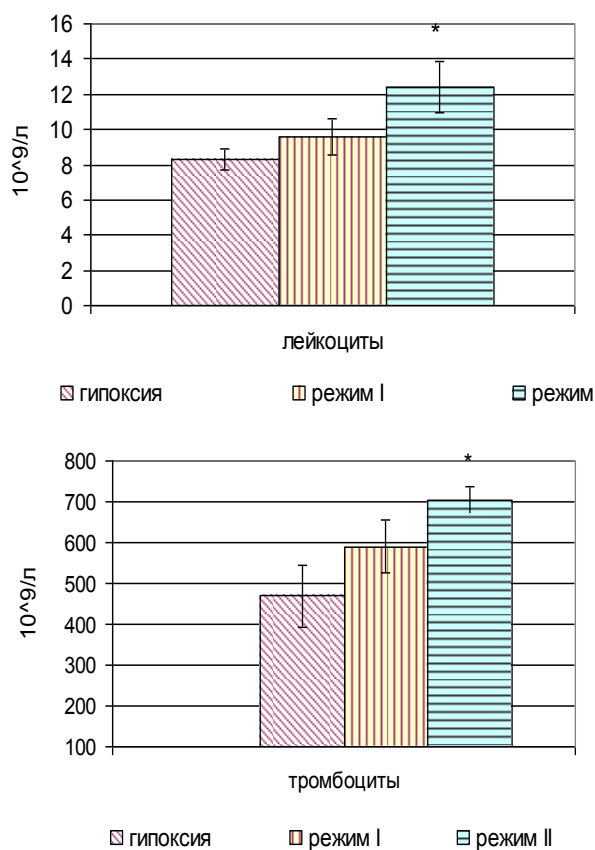


Рис. 4. Содержание лейкоцитов и тромбоцитов при разных режимах воздействий

Отсутствие изменений концентрации общего уровня белка во всех группах животных, говорит о том, что ни гипоксия, ни воздействие ИМП не оказали влияния на синтез протеинов в печени.

Таким образом, воздействие ИМП в разных режимах вызывало разнонаправленные изменения в организме. Низкочастот-

ное ИМП в режиме I (1,5 – 3,2 – 1,5 мТл) привело к повышению устойчивости животных к гипоксии (выброс гемоглобина и эритроцитов), восстановлению мембранных структур клеток печени, о чем говорит восстановление активности фермента  $\gamma$  – ГГТ до уровня нормальных значений. Воздействие ИМП в режиме II (3,2 – 1,5 – 3,2 мТл), в свою очередь, не вызвало значимого роста устойчивости организма к гипоксии – наблюдалась тенденция к увеличению активности фермента  $\gamma$  – ГГТ, кроме того, был спровоцирован неадекватный ответ организма в виде сгущения крови (рост уровня мочевины и клеточности крови), повреждающего эффекта на сосуды активными формами кислорода (выброс тромбоцитов и лейкоцитов) с риском развития ДВС синдрома.

Проделанной работой мы показали возможность применения низкочастотного импульсного магнитного поля в качестве протектора стрессиндуцированного состояния, вызванного гипоксическим воздействием, а также подтвердили закономерность, полученную в патенте РФ № 2248229 кл. МПК

7A61N 2/02, в котором показано, что восстановление функционального состояния организма низкочастотным импульсным магнитным полем происходит только в определенном режиме.

### Список литературы

1. В. Н. Никитин Гематологический атлас сельскохозяйственных и лабораторных животных/ В. Н. Никитин. – М.: Гос.изд-во сель.-хоз. Литературы, 1956. – 262 с.
2. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel /С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – Киев: Морион, 2000. – 319 с.
3. <http://labtest-spb.ru/statji/ggt/>.
4. З. Р. Хайбуллина Состояние периферической крови при острой гипоксии в эксперименте / З. Р. Хайбуллина, Н. Т. Вахидова // Медицина: вызовы сегодняшнего дня: материалы междунар. науч. конф. – Челябинск: Два комсомольца, 2012. – С. 24–29.