

Р.М. Баевский, Т.К. Бреус, А.Г. Черникова

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ
СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА
В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО
ПОЛЕТА**

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- Изменения магнитного поля Земли - магнитные бури являются одним из факторов риска развития сердечно-сосудистых нарушений не только у больных, но и у практически здоровых людей (Л.З. Лауцевичус, 1971; К.Ф. Новикова и др., 1982; И.Е. Оранский, П.Г. Царфис, 1989). **Особенно опасны магнитные бури для людей, работа которых связана с длительными нервно-психическими напряжениями и высокой ответственностью.** В периоды магнитных бурь и резких колебаний геомагнитной обстановки учащаются случаи возникновения инфарктов миокарда и гипертонических кризов, увеличивается число случаев внезапной смерти.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- Одной из главных **"мишеней"** при воздействии геомагнитного поля Земли на организм человека является **сердечно-сосудистая система** (И.Е. Оранский, П.Г. Царфис, 1989).
- Сердечно-сосудистая система также является одной из главных "мишеней" при влиянии на организм невесомости (В.В. Парин и др., 1967; Н.Н. Гуровский, 1983; А.И. Григорьев, А.Д. Егоров, 1992).
- Таким образом, и длительная невесомость, и кратковременные геомагнитные возмущения практически воздействуют на одну и ту же функциональную систему организма.
- Поэтому, теоретически, во время магнитных бурь неблагоприятные эффекты невесомости должны усиливаться и это может отрицательно отразиться на

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- Высокая чувствительность нейро-гуморальных звеньев регуляции и коры головного мозга к непосредственным изменениям окружающей геомагнитной и радиационной обстановки дает основание считать возможным выявление этих воздействий **по реакции регуляторных систем.** Наиболее эффективным для решения поставленной задачи было бы изучение таких показателей функционирования регуляторных систем, которые первыми включаются в процессы адаптации к воздействиям разнообразных факторов среды .

Физиологическая интерпретация показателей variability сердечного ритма

Отделы и звенья регуляторного механизма	Статистические показатели		Спектральные показатели	
Симпатический отдел вегетативной нервной системы	Ин	↑	LF/HF IC	↑
Парасимпатический отдел вегетативной нервной системы	MnDMx pNN50 RMSSD	↑	HF	↑
Симпатический сосудистый центр продолговатого мозга			LF	↑
Центры терморегуляции и энерго-метаболического обмена			VLF	↑
Высшие вегетативные центры гипоталамо-гипофизарного уровня	СКО	↓↓	TP	↓↓

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- Было проведено **5 серий аналитических исследований**. В первой серии исследований были использованы материалы банка данных по начальным этапам космических полетов экипажей транспортных кораблей (ТК) "Союз" за 1990 -1995 гг. При формировании исходного массива экспериментальных данных были выбраны записи электрокардиограммы (ЭКГ) космонавтов на 32-м витке полета каждой экспедиции. Выбор именно этого этапа полета обоснован тем, что, 32-й виток - это последний виток перед стыковкой ТК "Союз" с орбитальной станцией "МИР", во время которого экипажи не выполняют какой-либо специфической деятельности и находятся в достаточно однотипных условиях полета, что дает возможность изучить влияние геомагнитных возмущений при относительно стабильных условиях. Всего было отобрано для анализа 30 записей, полученных во время полетов членов основных экипажей и экипажей посещения. Возраст космонавтов колебался от 28 до 54 лет. 18 космонавтов совершали свой 1-й полет, остальные - 2-й или 3-й.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- **Во второй серии** исследований для анализа были использованы данные Холтеровского мониторирования (запись ЭКГ в течение суток) у членов экипажа (командир экипажа - КЭ, бортинженер - БИ) 21-й орбитальной экспедиции (ЭО-21) на орбитальной станции "Мир", полученные на **30-32-е сутки** полета (21-23 марта 1996 г.). Схема исследований и ее связь с временем магнитной бури представлены на рис.1,а.
- Контрольную группу в данной серии исследований составили 4 космонавта (члены экипажей ЭО-6, ЭО-7 и ЭО-11). Их полет в те же сроки после старта проходил в спокойной геомагнитной обстановке (не менее 5 дней до начала или после окончания магнитной бури). .

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- **В третьей серии** анализировались данные о влиянии геомагнитных возмущений на функциональное состояние космонавтов на 6-м месяце полета. Представлены результаты анализа 4-х Холтеровских исследований в условиях невесомости у членов экипажа ЭО-22 на 176-179-е сутки полета (9-12 февраля 1997 г.) и членов экипажа ЭО-8 на 154-155-е сутки полета (2-5 мая 1991 г.)
- Контрольную группу составили 2 космонавта ЭО-12 и ЭО-17, полет которых в эти сроки проходил в спокойной геомагнитной обстановке.
- **Четвертая серия исследований** относится к заключительной фазе космического полета - возвращению на Землю. Для анализа были отобраны суточные массивы кардиоинтервалов, полученные в день посадки у 6 членов экипажа. Из них три космонавта (члены экипажей ЭО-8 и ЭО-16) составили группу лиц, подвергшихся воздействию магнитной бури (группа МБ). Контрольная группа (члены экипажей ЭО-11 и ЭО-15) также включала трех космонавтов, посадка которых проходила в дни, отстоявшие более чем на 5 дней от ближайшей магнитной бури.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

- В **пятой серии исследований** анализировались данные суточного (24-часового) мониторинга артериального давления и частоты пульса у космонавтов до и во время космического полета.

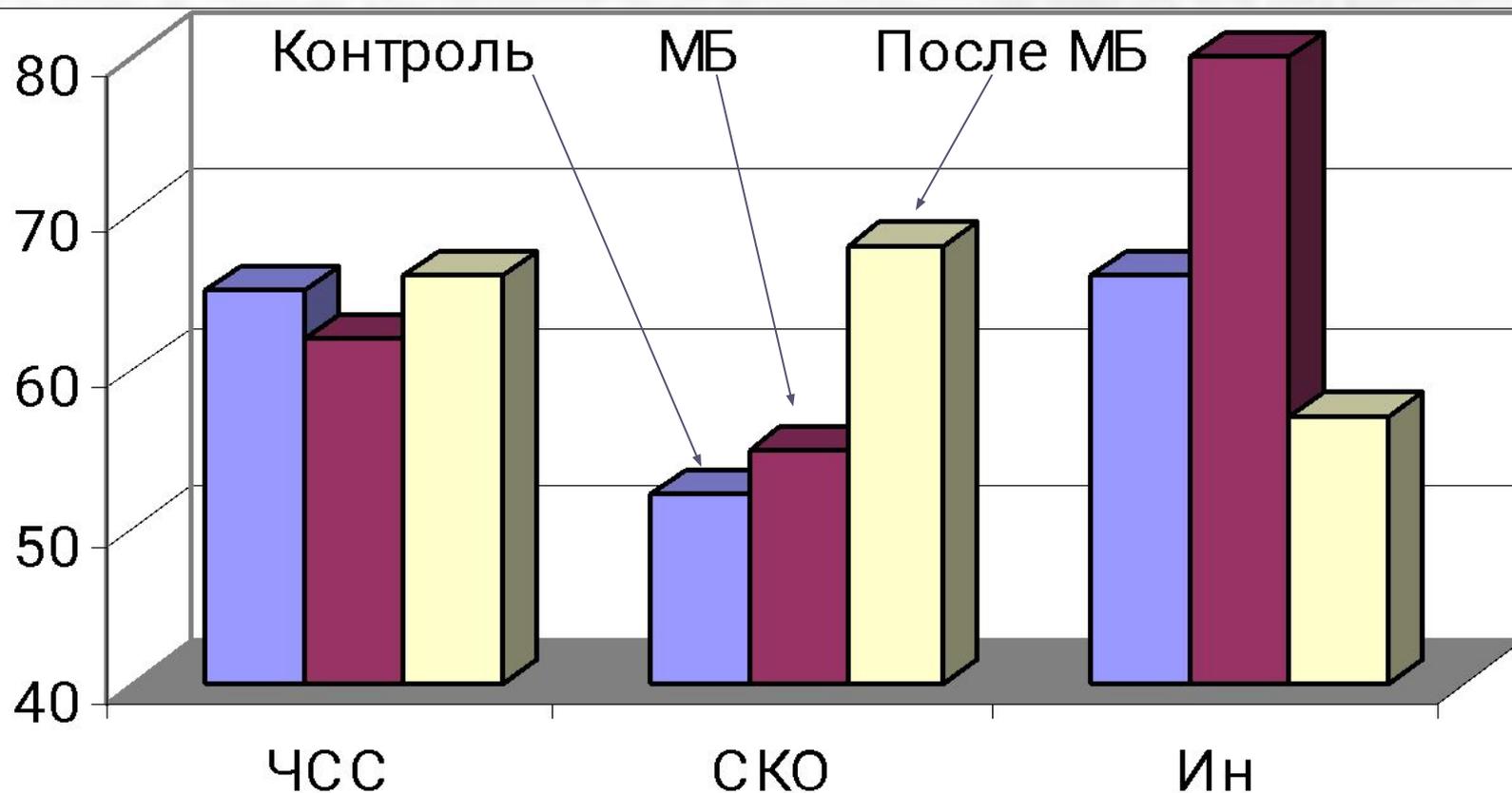
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

-
-
-
-
-
-
-

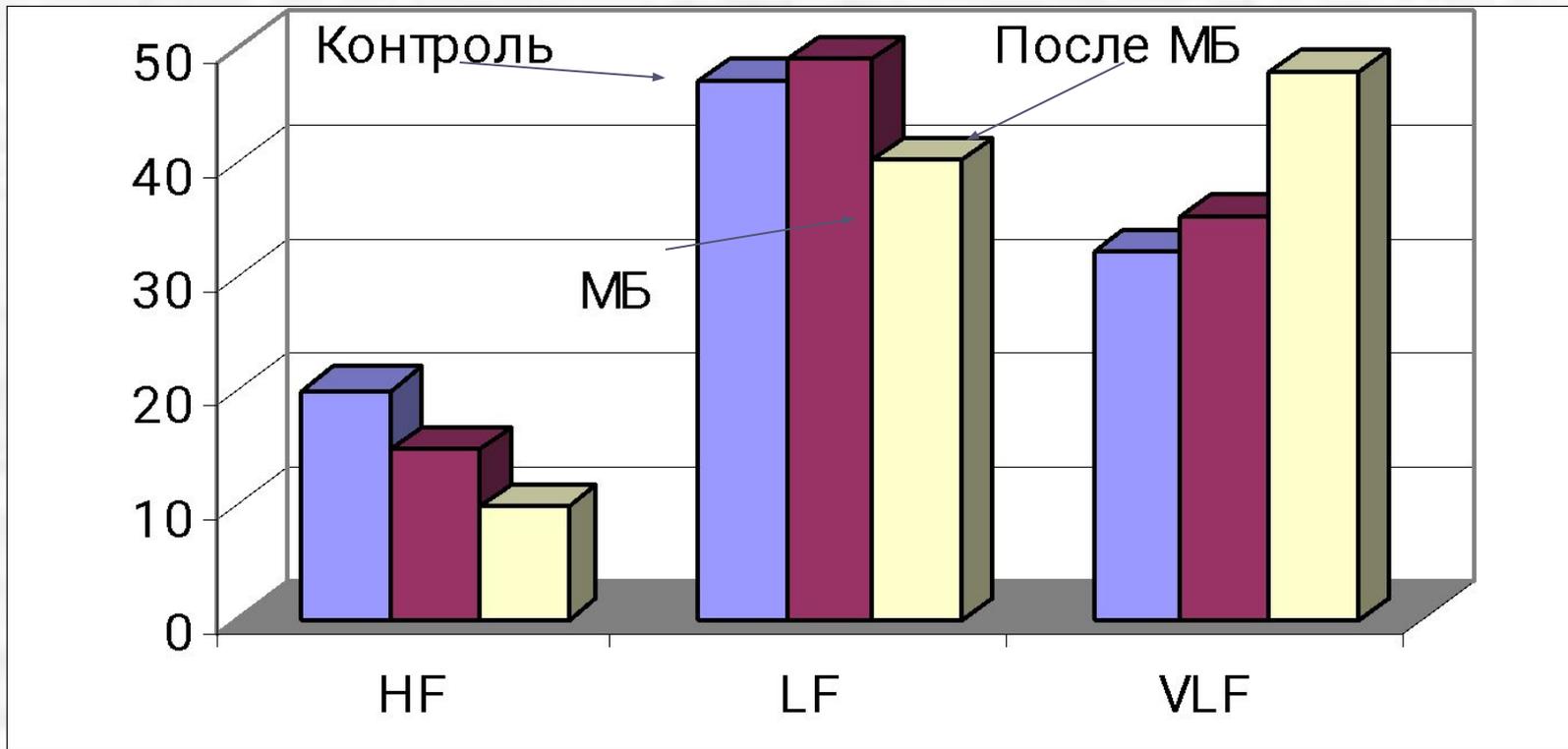
32-й виток Образцы кардиоинтервалограмм

(1 - контрольная группа, 2 - группа с воздействием магнитных бурь, 3 - группа через 1-2 дня после воздействия магнитных бурь).

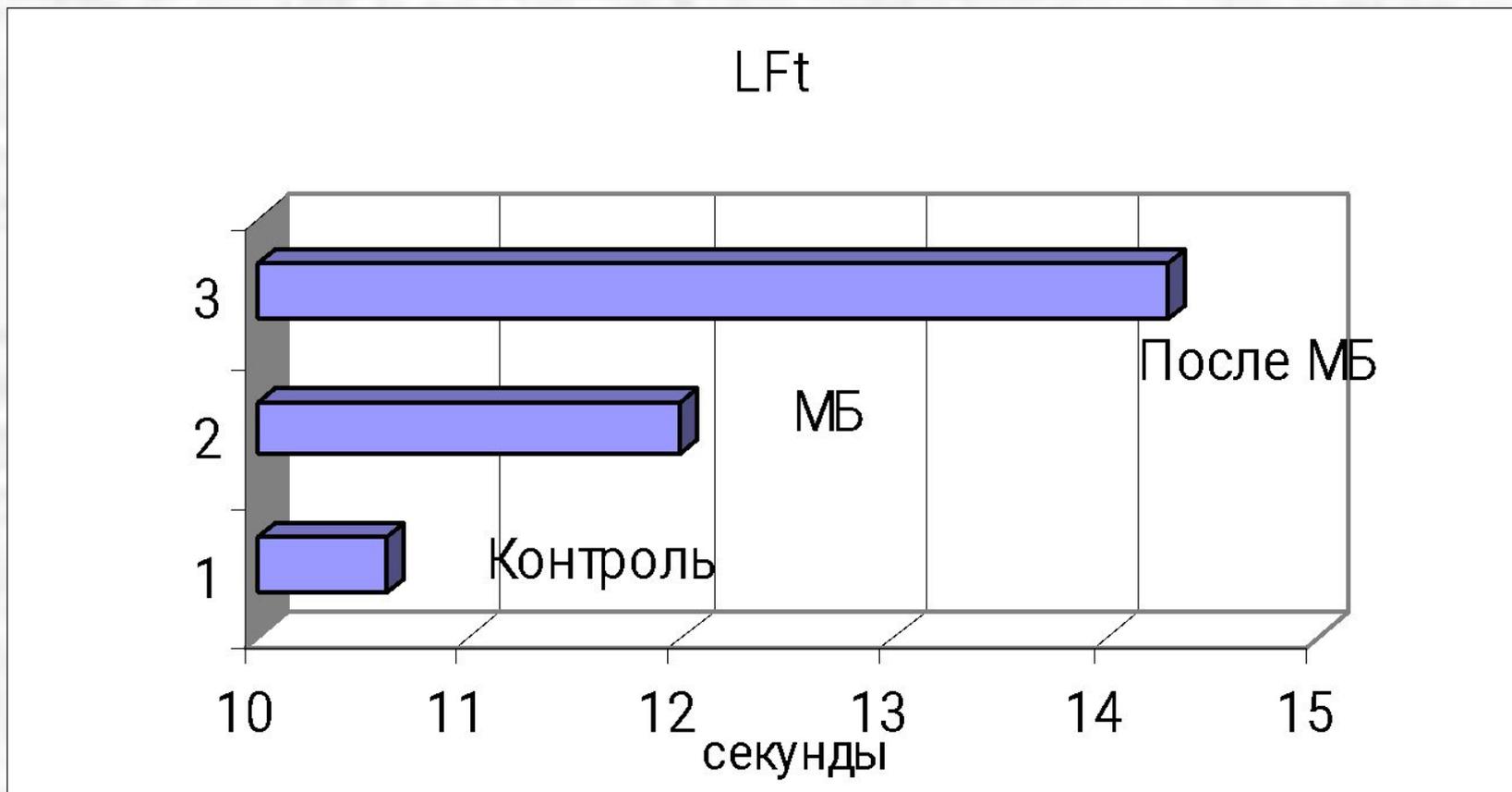
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА (32-й виток)



ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА (32-й виток)



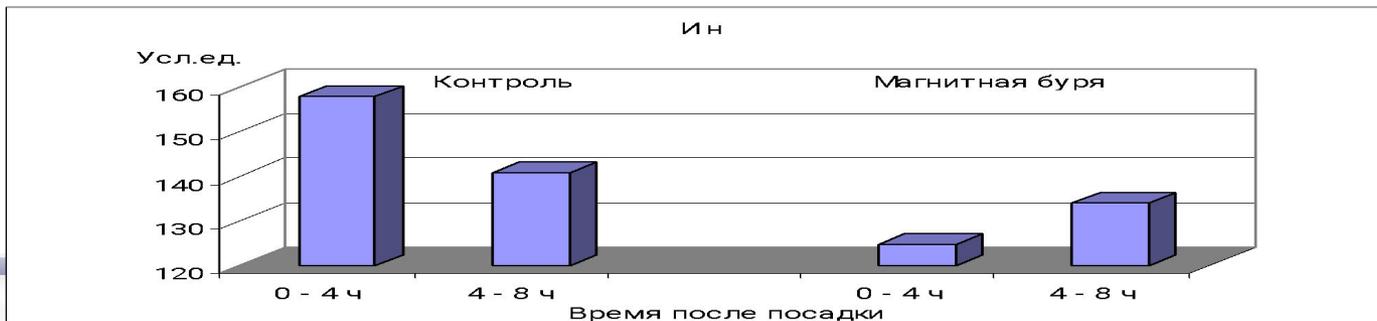
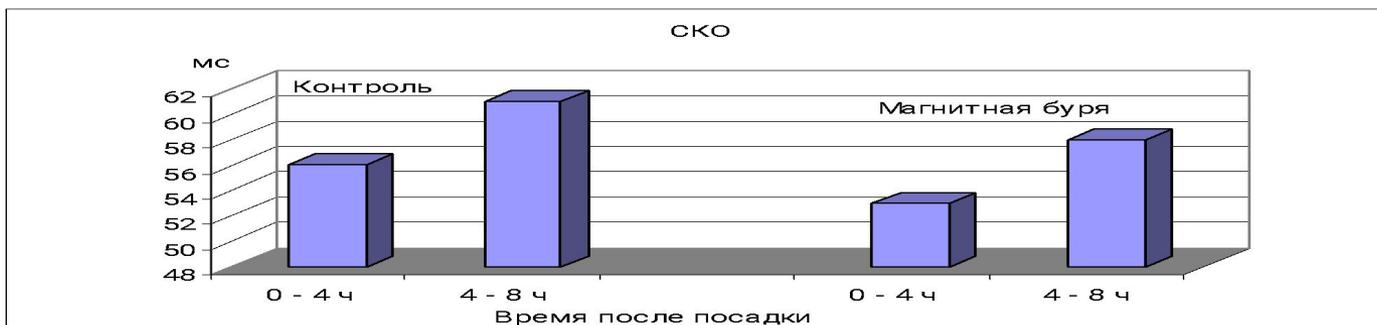
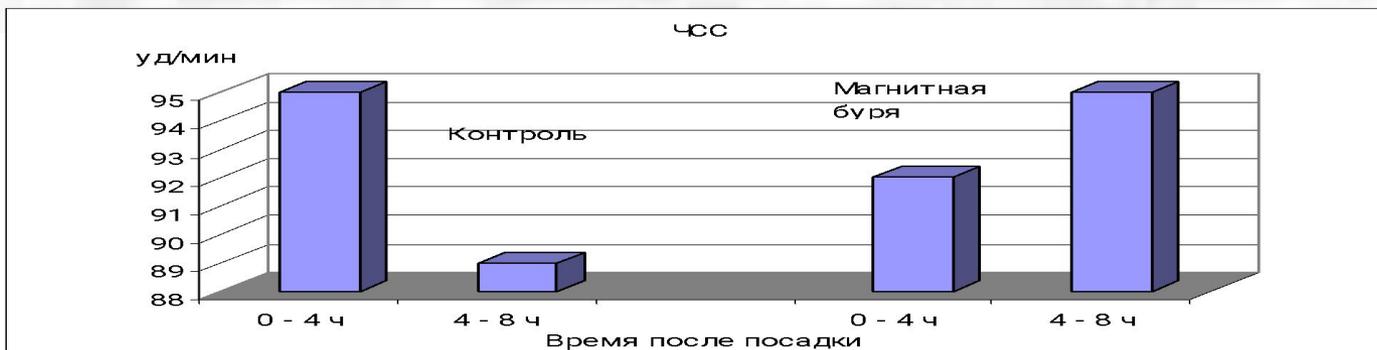
ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА (32-й виток)



ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА



ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА



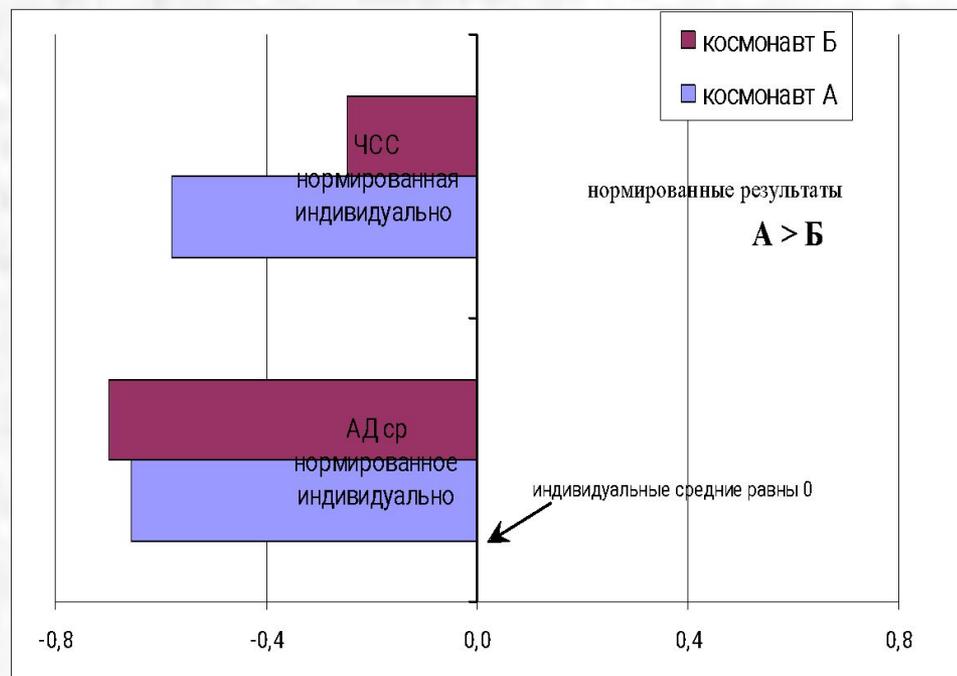
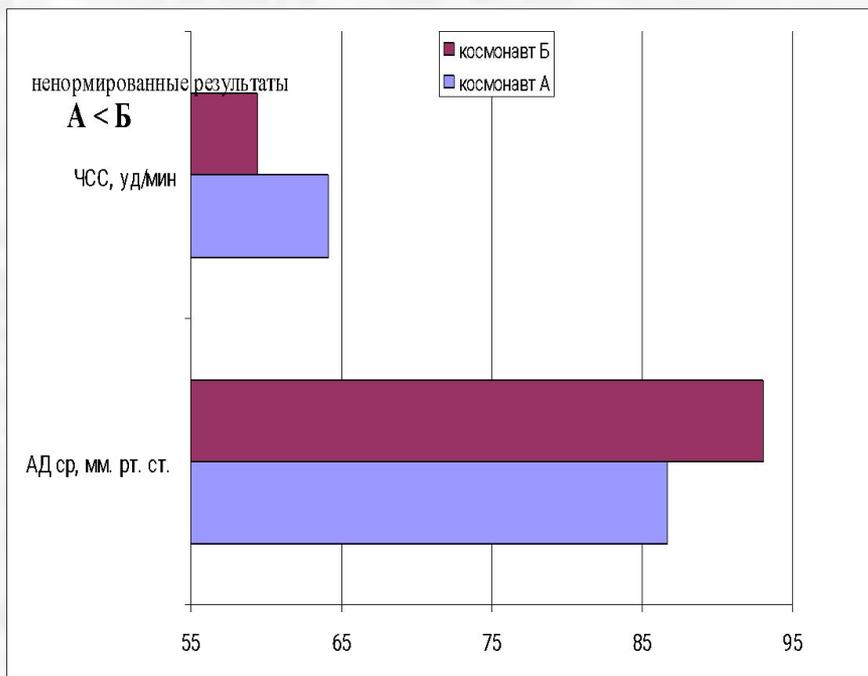
Результаты исследования 24-часового мониторирования артериального давления

- Реакция сердечно-сосудистой системы на воздействие геомагнитных возмущений выявляется как до полета, так и во время полета. При этом **реакция в наземных условиях и в условиях невесомости противоположная.**

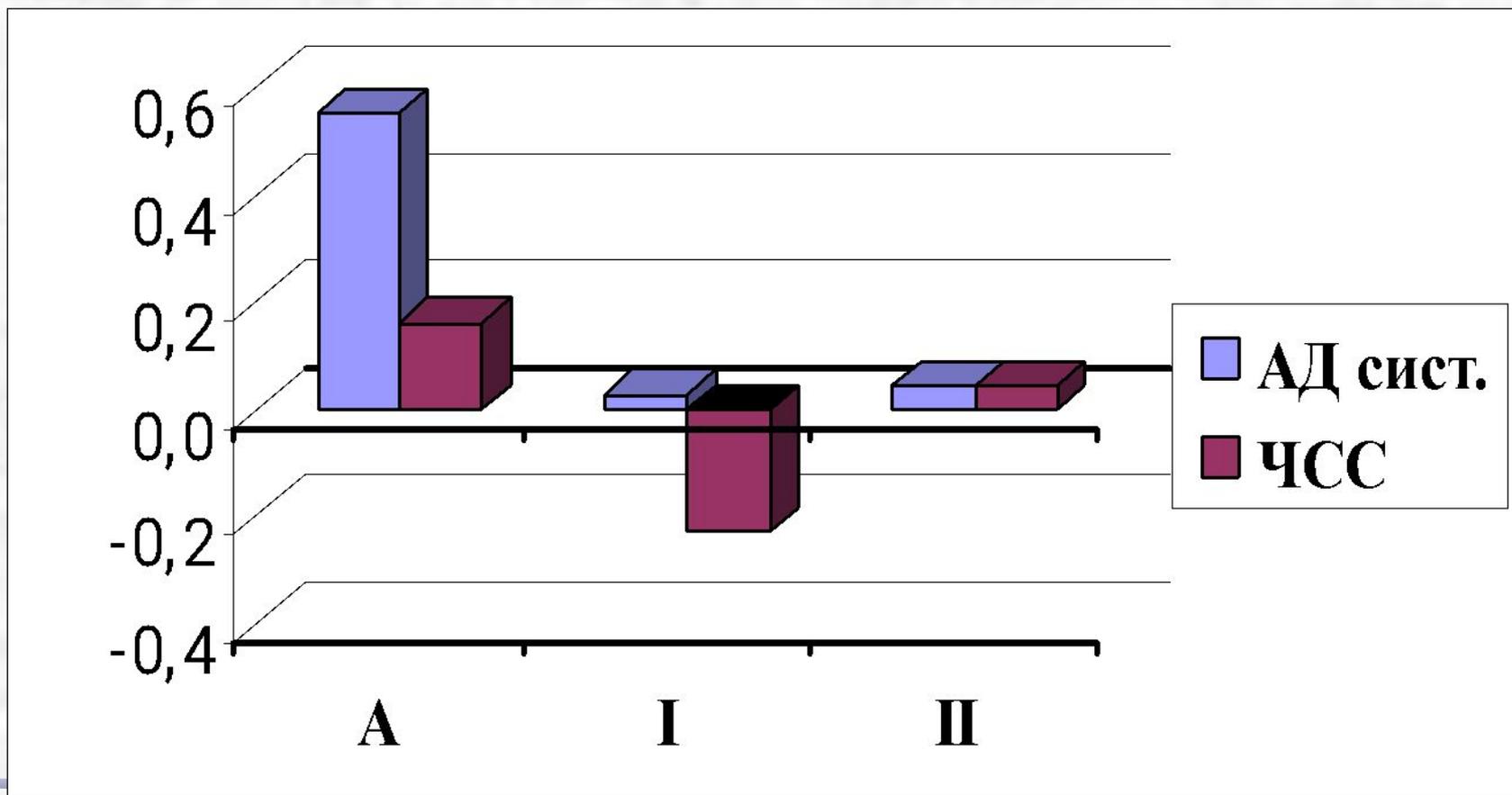
Пример нормирования индивидуальных результатов.

Ненормированные среднесуточные значения ЧСС и АД выше у космонавта Б.

Нормированные среднесуточные значения АД и ЧСС выше у космонавта А.



Реакция сердечно-сосудистой системы человека на воздействие геомагнитных возмущений *до космического полета*

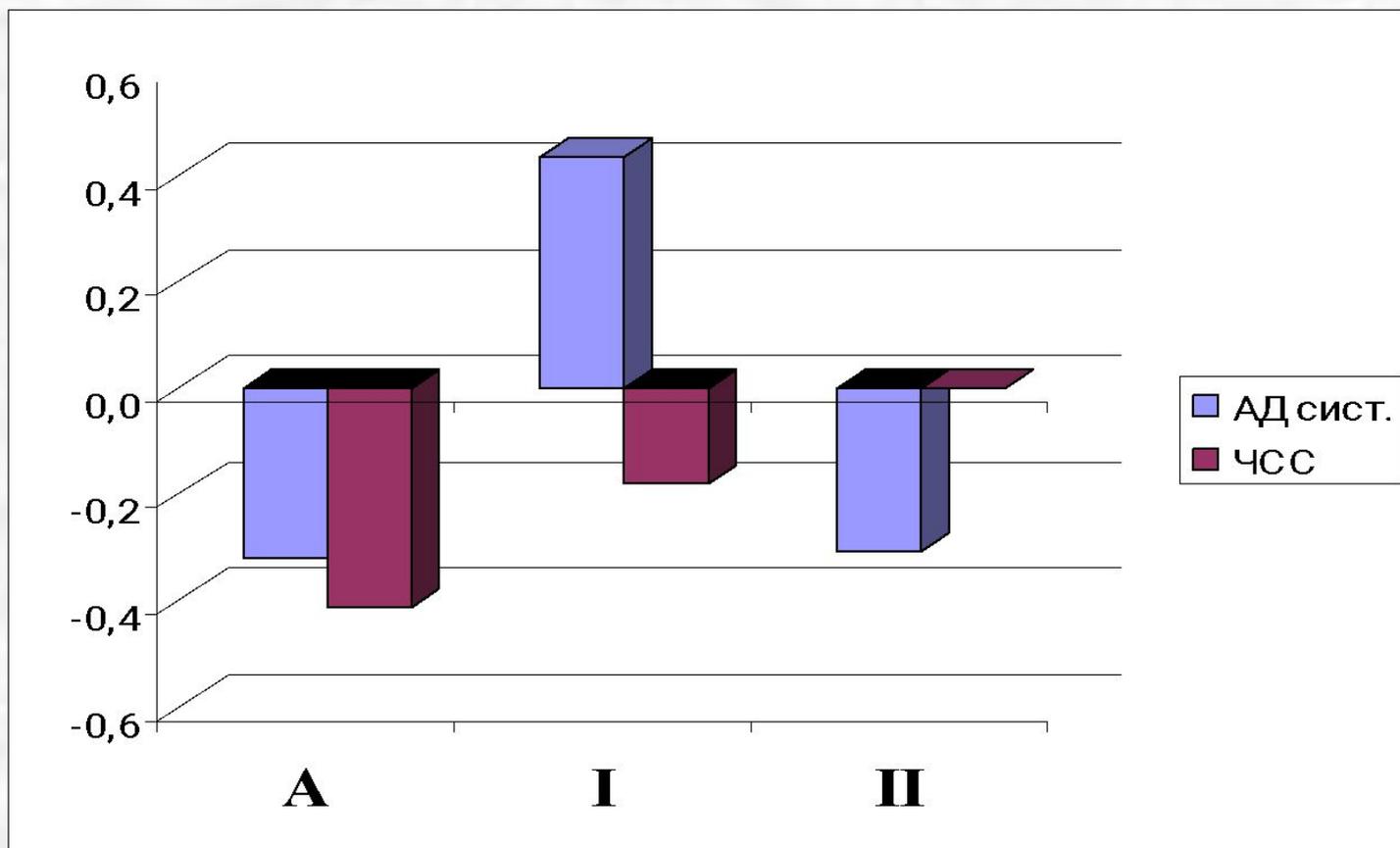


- *В наземных условиях* реакция сердечно-сосудистой системы **здорового** человека на геомагнитное возмущение развивается стадийно:
- 1) непосредственно во время воздействия магнитной бури **АД** и **ЧСС** существенно *снижаются*;
- 2) в период последействия **АД** *остается сниженным*, а **ЧСС** *почти восстанавливается*.

Особенности реакции сердечно-сосудистой системы здорового человека на воздействие геомагнитных возмущений *до космического полета*

- Таким образом, *в наземных условиях* у здоровых лиц наблюдается *специфическая сосудистая реакция* на геомагнитные возмущения с присутствием неспецифического стрессорного компонента в период последствия (одновременный рост АД и ЧСС).

Реакция сердечно-сосудистой системы на воздействие геомагнитных возмущений через 4-6 месяцев космического полета



Пример изменения суточной динамики ЧСС и АД при воздействии геомагнитного возмущения.

3-4 месяц полета

1 месяц полета



Особенности реакции сердечно-сосудистой системы здорового человека на воздействие геомагнитных возмущений *через 4-6 месяцев космического полета*

- *В условиях длительного пребывания* в невесомости состояние космонавтов характеризуется более низкими значениями пульса и артериального давления по сравнению с наземными данными на фоне напряжения регуляторных систем. Повышение их при воздействии магнитных бурь отражает преобладание неспецифического компонента адаптивной стресс-реакции на всем протяжении воздействия, что подтверждается и нарушением суточной ритмики *за счет недостаточного прироста показателей в дневное время*.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе впервые показано наличие специфического влияния геомагнитных возмущений на систему вегетативной регуляции кровообращения у космонавтов во время полета независимо от длительности пребывания в условиях невесомости. Можно сделать вывод о том, что **магнитные бури, как во время их непосредственного воздействия, так и в период последствий (ближайшие 24 ч) вызывают существенные изменения вегетативной регуляции сердечного ритма у космонавтов во время полета**

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные **пяти серий** исследований позволили проследить развитие изменений вегетативной регуляции на разных периодах **воздействия магнитной бури** (непосредственно воздействие, ближайшее и отдаленное последствие) на разных этапах космического полета. Результаты исследований показывают, что наблюдаемые изменения вполне соответствуют ранее высказанной гипотезе о том, что **одной из "мишеней"** при воздействии геомагнитного поля Земли на организм человека в условиях космического полета является система регуляции **сосудистого тонуса**. Поэтому изменения со стороны показателей, характеризующих активность вазомоторного центра, могут условно рассматриваться как **специфические**. Изменения со стороны показателей, отражающих состояние тонуса симпатической и парасимпатической системы, являются вторичными и могут рассматриваться как **неспецифические**

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

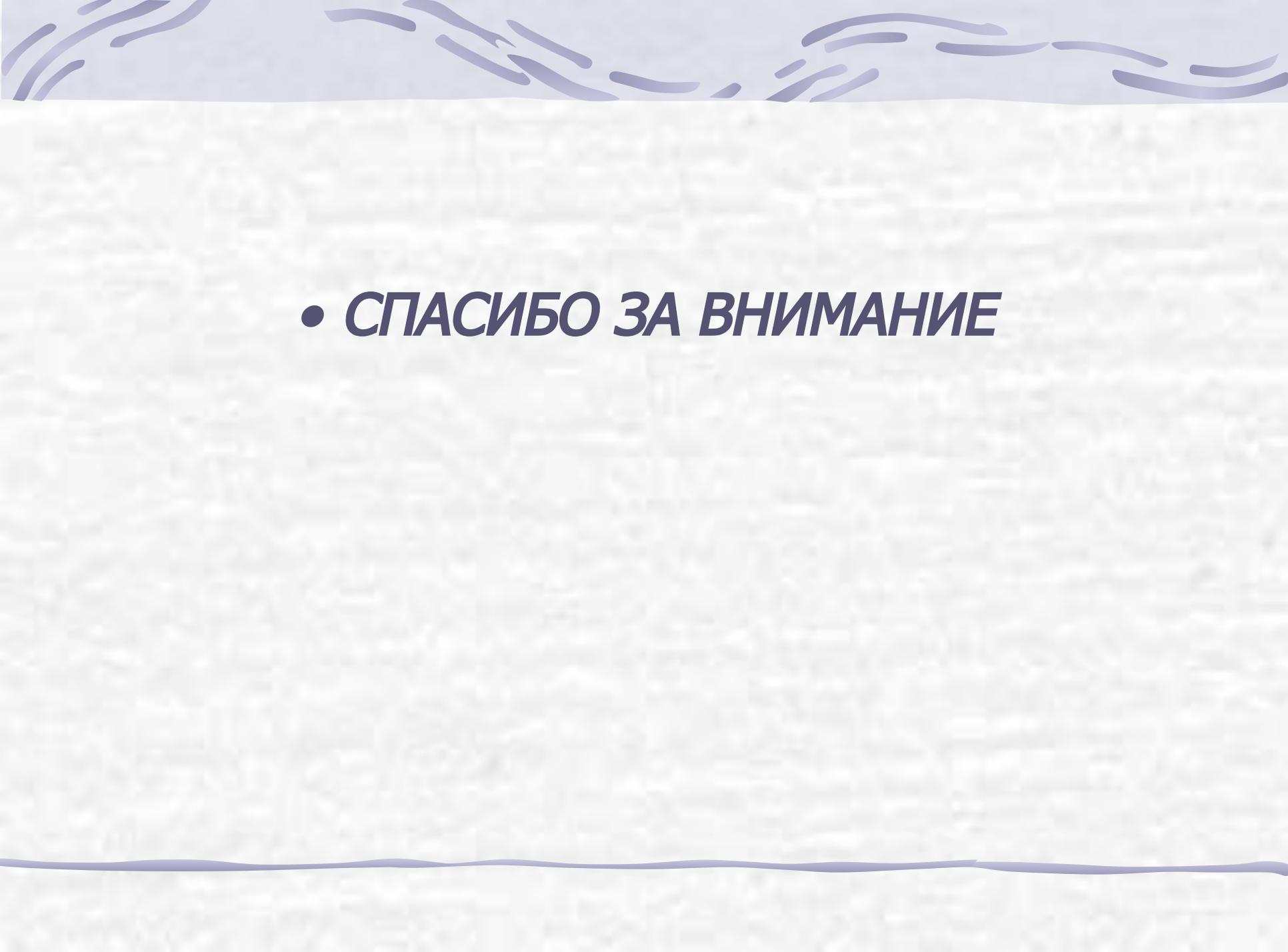
В *наземных условиях* реакция сердечно-сосудистой системы здорового человека на геомагнитное возмущение характеризуется в основном изменением сосудистого тонуса, скорее всего, его повышением. Это и проявляется в снижении артериального давления и частоты сердечных сокращений. Можно сказать, что в предполетный период наблюдается специфическая сосудистая реакция на геомагнитные возмущения.

В условиях невесомости состояние космонавтов характеризуется более низкими значениями пульса и давления по сравнению с наземными данными на фоне напряжения регуляторных систем. Повышение их при воздействии магнитных бурь отражает усиление неспецифического компонента адаптивной стресс-реакции.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

ВЫВОДЫ

1. Впервые показано **наличие специфического влияния геомагнитных возмущений на систему вегетативной регуляции кровообращения** у космонавтов во время полета.
2. В начальном периоде длительного космического полета (на 2-й день полета и в конце 1-го месяца полета) при воздействии магнитных бурь происходит **перестройка механизмов регуляции сосудистого тонуса и изменение активности подкоркового сердечно-сосудистого центра**, что ведет к развитию общей неспецифической стрессорной реакции, усилением тонуса симпатической нервной системы и включением в процессы регуляции более высоких уровней управления физиологическими функциями ;
3. В конце полугодового пребывания в космосе при воздействии магнитных бурь наблюдается **активация парасимпатического звена регуляции**, что является результатом дестабилизации сложившегося вегетативного гомеостаза. Отличия в реакции до и во время космического полета связаны с адаптацией организма человека к условиям невесомости.
4. В группе космонавтов, **посадка которых проходила в день магнитной бури**, через 4-8 ч после приземления наблюдались изменения регуляции сосудистого тонуса с ростом частоты пульса на фоне признаков нарушения механизмов вегетативной регуляции.



• ***СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ***