

ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ
АДАПТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В ОРГАНІЗМІ
ЛЮДИНИ

Голіков В.А.

В роботі викладені сучасні підходи до моделювання адаптаційних процесів в організмі людини, з урахуванням критичного осмислення наявних вірогідних підходів при будові математичної моделі динаміки гомеостатичних систем організму і широко викори-

стовуємих законів збереження енергії. Розглянуті варіанти оцінки патологічного стану організму з розбором основних недоліків діючих моделей. Запропонований підхід до моделювання стабілізації гомеостатичних констант дозволяє на порядок підвищити здібність до ідентифікації динамічних процесів в залежності від розміру зовнішніх збурень.

УДК 612.12+612.46]: 612.015.3:612.08

**ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ, ПОЧЕЧНЫХ ФУНКЦИЙ И
ГУМОРАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ВОДНО-СОЛЕВОГО ОБМЕНА У
ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕВЕСОМОСТИ В
АНТИОРТОСТАЗЕ**

Гоженко А.И., Билецкий С.В.

*Одесский государственный медицинский университет.
Буковинская государственная медицинская академия.*

Вступление. Изучение механизмов адаптации организма человека к изменяющимся условиям жизнедеятельности и экстремальным факторам внешней среды является актуальным в связи с развитием авиации, космонавтики, подводного флота, интенсивным освоением подземных недр, высокогорья. Особый интерес представляет механизм перестройки кардиогемодинамики и волюморегулирующей функций почек в условиях космического полета и при моделировании невесомости [4, 5, 14]. Для наземного моделирования эффектов невесомости широко используют пребывание человека и животных в "сухой" и водной иммерсионной среде, а также в условиях горизонтальной и антиортостатической гипокинезии [8, 9, 11]. Полученные в различных модельных условиях экспериментальные данные свидетельствуют о развитии однонаправленных фазовых изменений со стороны центральной гемодинамики (ЦГД) и функций почек, сходных с изменениями в условиях реального полета [3, 11, 14]. Однако каждая из использованных моделей невесомости имеет свои недостатки, причем в большинстве работ проводили изучение механизмов адаптации только гемодинамики или водно-солевого обмена и гормональных механизмов его регуляции при длительном воздействии факторов космического полета. Значительно меньше изучен начальный период адаптации к невесомости,

при котором исследования почечных функций проводились без учета типа ЦГД.

Цель исследования. Изучить функциональное состояние сердца и почек в начальном периоде увеличения венозного возврата крови к сердцу в антиортостазе в условиях обычной газовой среды с целью прогнозирования последующей адаптации сердечно-сосудистой системы здорового человека к возникающим гемодинамическим сдвигам в невесомости.

Материал и методы исследования. Всего обследовано 73 здоровых лица (63 мужчин и 10 женщин). Возраст обследуемых колебался от 22 до 52 лет. Определяли общепринятыми методами систолическое, диастолическое и среднее динамическое давление. Показатели ЦГД исследовались методом тетраполярной грудной реографии на приборе РПГ2-02 по методике Кубичека в модификации Ю.Т.Пушкаря и соавт. [15]. Регистрирующим устройством служил поликардиограф ЭК6Т-01. Рассчитывали по общепринятым формулам ударный (УОК) и минутный (МОК) объемы крови, сердечный индекс (СИ), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), удельное периферическое сопротивление (УПС), объемную скорость выброса (ОСВ), мощность выброса (Р), работу левого желудочка ($A_{уд.}$), расход энергии сердечных сокращений на передвижение 1 л кро-

ви (РЭ), индекс функционирования левого желудочка в изометрическом режиме (ИФЖ). По величинам СИ, ОПСС и среднего динамического давления определяли тип гемодинамики.

Вегетативную регуляцию сердечного ритма исследовали по данным ритмографии [1]. Определяли среднюю продолжительность интервала R-R ЭКГ (I_{R-R}) и среднеквадратическое отклонение (σ_{R-R}), отражающее дисперсию ритмограммы, вариационный размах (ВР), моду (M_0). Функции почек и показатели водно-солевого обмена изучались в условиях индуцированного диуреза - 0,5% водная нагрузка и сбор мочи в течение часа. В пробах мочи содержание креатинина определяли по Фолину, а в плазме крови по Попперу в модификации А.К.Мерзона и соавт. [13]. По общепринятым формулам рассчитывали величины клубочковой фильтрации и канальцевой реабсорбции воды. Концентрацию натрия и калия в плазме крови и моче изучали методом фотометрии пламени на аппарате ФПЛ-1. Осмолярность плазмы крови и мочи определяли криоскопическим способом на осмометре ОМКА Щ-О1. Изучалась экскреция натрия, калия, осмотически активных веществ (ОАВ). Рассчитывали клиренс, экскретируемую и реабсорбируемую фракцию натрия. Основные показатели деятельности почек рассчитывали на 1 м² поверхности тела.

Исследовали состояние ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС) и содержание альфа-предсердного натрийуретического гормона (альфа-ПНУГ) плазмы крови по данным радиоиммунологического исследования с использованием наборов фирм "International CIS" (Франция), "Sorin Biomedica" (Италия), "Buhlmann Laboratories" (Швейцария), "International Inc" (ГДР) на гамма-счетчике "Гамма-12".

Исследования кардиогемодинамики и содержания гормонов плазмы крови проводились на 15-й мин ортостаза (ОС) и на 30-й мин клиностаза (КС); кардиогемодинамики, содержания гормонов и функций почек - после одного часа клиностаза и одного часа антиортостаза (АОС). АОС достигался подъемом ног вверх и их фиксацией под углом 45°.

Весь цифровой материал, приведенный в работе, статистически обработан методом Фишера-Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ гемодинамического, гормонального и почечного ответа на увеличение

венозного возврата (ВВ) крови к сердцу у здоровых выявил ряд закономерностей. Установлено, что наиболее выраженные сдвиги гемодинамики имеют место при переходе человека из вертикального положения в горизонтальное. При этом происходят достоверные изменения всех показателей ЦГД, за исключением систолического АД. Так, на 30-й мин КС происходит уменьшение частоты сердечных сокращений (ЧСС) на 11,2% при увеличении УОК на 28,6%. В связи с уменьшением ЧСС повышение МОК и СИ менее выраженное (+14,7%), хотя и достоверное ($P<0,02$). Отмечены также существенное снижение диастолического АД, СДД, РЭ, ИФЖ, уменьшение УПС, ОПСС, увеличение ОСВ, $A_{уд}$, Р. Изменения ЦГД сопровождались адаптивными сдвигами РААС и ПНУГ. В положении КС выявлено достоверное ($p<0,05$) снижение активности ренина плазмы (АРП) на 29,4% от исходного уровня, концентрации альдостерона (-21,7%), повышение содержания ПНУГ (+26,0%) плазмы крови.

Дальнейшее увеличение ВВ в положении АОС отразилось только на величинах ЧСС, УОК, ОСВ, Р, $A_{уд}$. (таблица). Однако и в количественном отношении эти сдвиги не столь выраженные, хотя сохраняется та же направленность изменений, что и при переводе обследуемых из положения ОС в КС. Гемодинамический ответ на АОС оказался наиболее выраженным у здоровых лиц с эукинетическим типом ЦГД.

Таким образом, сердце в условиях АОС подвергается разнонаправленному действию ряда факторов - отрицательному хронотропному действию и стимулирующему влиянию гетерометрического механизма Франка-Старлинга.

Учитывая, что в начальный период адаптации человека к АОС происходит перераспределение крови и жидких сред организма в верхнюю половину тела [8], сопровождающееся рефлекторными компенсаторными сдвигами в системе кровообращения, представляло интерес изучение состояния не только ЦГД, но и вегетативной регуляции сердечного ритма при постуральных воздействиях. С этой целью проведена регистрация ритмограммы сердца у 14 здоровых лиц на 15-й мин КС и 30-й мин АОС без водной нагрузки. Выявлено достоверное удлинение I_{R-R} ($0,85\pm 0,04$ с и $0,89\pm 0,04$ с; $P<0,02$), увеличение дисперсии ритмограммы ($0,04\pm 0,007$ и $0,05\pm 0,008$; $P<0,001$) и ВР ($0,22\pm 0,04$ с и $0,26\pm 0,04$ с; $P<0,02$), что свидетельствует о

значительном усилении влияния парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) в антиортостазе.

Со стороны функционального состояния почек установлено в АОС по сравнению с КС увеличение диуреза ($187,12 \pm 22,85$ мл/ч/м² и $277,01 \pm 17,60$ мл/ч/м²; $P < 0,001$), уменьшение канальцевой реабсорбции воды ($97,36 \pm 0,47\%$ и $95,64 \pm 0,65\%$; $P < 0,001$) и концентрации натрия в моче ($75,58 \pm 10,73$ ммоль/л и $46,55 \pm 5,72$ ммоль/л; $P < 0,001$). Все это происходит на фоне снижения активности РААС и повышения концентрации ПНУГ (табл.).

предсердия, по данным Г.И.Косицкого [10], реализуется также через бульбарные афферентные системы и изменение уровня антидиуретического гормона (АДГ) в крови, а с правого предсердия - через спинальные афферентные системы сердца посредством изменения уровня выработки альдостерона.

В отличие от отдельных авторов [12], мы не обнаружили увеличение клубочковой фильтрации, натрийуреза и экскреции ОАВ в АОС. Однако необходимо отметить, что нами использована 0,5% водная нагрузка, в то время как в других исследованиях обследуемые находились на свободном водном режиме.

Таблица

Показатели ЦГД и содержание гормонов плазмы крови у здоровых лиц (n=40) в положениях КС (1 ч) и АОС (1 ч) на фоне 0,5% водной нагрузки

Показатели	КС (x±Sx)	АОС (x±Sx)	ΔSx	P
Гемодинамика				
ЧСС, в 1 мин	68,40±2,07	63,45±1,99	1,47	<0,005
УОК, мл	87,06±4,30	96,92±4,48	2,73	<0,005
МОК, л/мин	5,90±0,29	6,12±0,29	0,15	>0,05
СИ, л/мин/м ²	3,22±0,21	3,32±0,19	0,08	>0,05
ОПСС, дин.с.см ⁻⁵	1364,4±75,46	1327,6±79,85	41,64	>0,05
УПС, ед.	32,21±2,11	31,12±2,07	0,97	>0,05
ОСВ, мл/с	342,89±15,43	379,04±15,25	9,71	<0,001
P, Вт	4,37±0,22	4,79±0,20	0,12	<0,005
A _{зв.} , Дж.	1,13±0,06	1,26±0,05	0,03	<0,005
Содержание гормонов				
АРП, нг/мл/ч	2,55±0,29	1,94±0,36	0,26	<0,05
Альдостерон, пг/мл	242,33±42,05	165,17±38,15	21,24	<0,005
АДГ, пг/мл	3,64±0,89	2,10±0,60	0,64	<0,05
α-ПНУГ, пг/мл	39,04±3,39	50,06±4,14	3,35	<0,01

Увеличение диуреза в антиортостазе отражает перестройку водно-солевого обмена в начальном периоде моделирования невесомости, что, как известно, является следствием перераспределения крови с увеличением ее интраторакального объема, изменения ЦГД и почечной гемодинамики, а также гормонального статуса организма в этих условиях и является одной из приспособительных реакций организма при постуральных воздействиях [2]. В наших исследованиях реакция почек на повышение преднагрузки в виде увеличения диуреза за счет снижения канальцевой реабсорбции воды свидетельствует о том, что в этих условиях сохраняется способность почек регулировать волемический гомеостаз выделением воды. Поскольку увеличение диуреза в АОС протекает без существенного изменения концентрации ОАВ и ионного состава крови, то оно, вероятно, реализуется в основном по типу волюморегулирующего рефлекса Генри-Гауэра - выделение ПНУГ в предсердиях после их растяжения, что подтверждается и нашими исследованиями. Рефлекс на почки с левого

на отсутствие изменений гломерулярной фильтрации и экскреции натрия в первый час АОС указывается и в других работах [18, 19]. Установлено, что усиление кровоснабжения почек в это время сопровождается шунтированием крови, которая притекает к канальцевым капиллярам, минуя клубочки. Отставание почечного ответа от кардиального и гормонального при воздействии

АОС отмечают и другие исследователи [7].

Наиболее выраженное отставание почечного ответа от кардиального обнаружено нами у здоровых лиц с гиперкинетическим типом ЦГД, у которых в ответ на увеличенный ВВ происходит достаточно выраженная мобилизация сократительной функции сердца на фоне малой эффективности механизмов регуляции объема жидкости. Наиболее чувствительной волюморегулирующая функция почек оказалась у здоровых лиц с эукинетическим вариантом ЦГД. У них в АОС диурез увеличился на 109,7%. При гиперкинетическом варианте ЦГД относительно высокий в клиностазе диурез возрос в антиортостазе только на 11,3%.

Известно, что одной из компенсаторных реакций человека при переходе к условиям невесомости является уменьшение объема внеклеточной и внутрисосудистой жидкости и выделение почками в первые сутки космического полета избытка воды и натрия [2]. Поэтому для ускорения адаптации к невесомости назначают диуретики, увеличивающие экскрецию почками воды и натрия в

целях более быстрого уменьшения объема внеклеточной жидкости. О необходимости назначения диуретиков на первом этапе космического полета в первую очередь лицам-гиперкинетикам свидетельствуют результаты исследований Г.М. Яковлева, В.А. Карлова [17].

Авторы установили, что у здоровых с гиперкинетическим типом ЦГД объем внеклеточной жидкости и объем артериальной системы превышают аналогичные показатели у лиц с другими вариантами гемодинамики.

Таким образом, при использовании модели клиностаз-антиортостаз на фоне 0,5% водной нагрузки адаптационные изменения волемиического гомеостаза у здоровых лиц проявляются в первую очередь изменением соотношения антинатрийуретической и натрийуретической систем в пользу последней с усилением водовыделительной функции почек.

Выводы

1. У здоровых лиц увеличение преднагрузки в начальном периоде моделирования невесомости в АОС на фоне 0,5% водной нагрузки сопровождается адаптивными изменениями кардиогемодинамики и волемиического гомеостаза, проявляющиеся усилением влияния парасимпатического отдела ВНС, уменьшением ЧСС, увеличением УОК при сохранности на прежнем уровне МОК, повышением диуреза.
2. Изменение положения тела человека относительно вектора гравитации при имитации невесомости в АОС вызывает наряду с изменениями кардиогемодинамики перестройку нейрогуморальной регуляции водно-солевого обмена и деятельности почек в виде рефлекторного снижения активности РААС, повышения концентрации ПНУГ.
3. Гемодинамический и почечный ответ на увеличение преднагрузки в АОС зависит от типа гемодинамики. Наиболее значительное усиление насосной функции сердца выявлено у здоровых исследуемых с эукинетическим и гиперкинетическим типами ЦГД. Механизмы регуляции объема жидкости наиболее эффективны у лиц с эукинетическим и гипокинетическим вариантами ЦГД. Особенности адаптации волемиического гомеостаза у здоровых лиц с различными вариантами гемодинамики к начальному периоду повышения преднагрузки в АОС должны быть учтены для индивидуализации назначения фармаколо-

гических средств, увеличивающих экскрецию натрия и воды и уменьшающих объем циркулирующей крови с целью ускорения адаптации к невесомости.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в изучении кардиогемодинамики и функций почек у здоровых лиц при увеличении ВВ к сердцу в условиях гипоксически-гиперкапнической газовой среды, которая может быть использована для тренировки сердечно-сосудистой системы космонавтов во время космического полета.

Литература

1. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. - М.: Наука, 1984. - 221 с.
2. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Дегтярев В.А. и др. Воздействие на водно-солевой обмен как способ профилактики ортостатической неустойчивости у членов экипажа второй экспедиции станции «Салют-4» // Космическая биология и авиакосмическая медицина. - 1979. - №3. - С. 10-15.
3. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Наточин Ю.В. Водно-солевой гомеостаз и космический полет. - М.: Наука, 1986. - 240 с.
4. Газенко О.Г., Шульженко Е.Б., Григорьев А.И. и др. Медицинские исследования во время 8-месячного полета на орбитальном комплексе «Салют-7» - «Союз-Т» // Космическая биология и авиакосмическая медицина. - 1990. - №1. - С. 9-14.
5. Григорьев А.И., Носков В.Б., Атьков О.Ю. и др. Состояние водно-солевого гомеостаза и систем гормональной регуляции при 237-суточном космическом полете // Космическая биология и авиакосмическая медицина. - 1991. - №2. - С. 15-18.
6. Душанин С.А. Резерв аэробной окислительной мощности и первая производная ЭКГ покоя: валидизация практического способа экспресс-анализа максимального потребления кислорода // Медицинские проблемы физической культуры: Республиканский междуведомственный сборник. - Киев: Здоровья, 1984. - С. 41-45.
7. Ильин Е.А., Корольков В.И., Стелинговский К.В. и др. Компенсаторные реакции почек на ортостатическое воздействие // Космическая биология и авиакосмическая медицина. - 1978. - №5. - С. 43-46.
8. Казакова Т.Р., Катунцев В.П. Состояние центральной и общей гемодинамики у здорового человека в условиях моделированной невесомости // Космическая био-

- логия и авиакосмическая медицина. – 1990.- №1. – С. 15-17.
9. Корольков В.И., Кротов В.П., Шипов А.А. Основные результаты исследования влияния антиортостатической гипокинезии на функционирование различных систем организма обезьян // Авиакосмическая и экологическая медицина.–2002.–Т.36,№2. – С.13-17.
 10. Косицкий Г.И. Аfferентные системы сердца. М.: Медицина, 1975. – С. 135-150.
 11. Ларина И.М., Лакота Н.Г. Роль индивидуальных реакций теплового и водно-электролитного обмена в условиях костюмной иммерсии // Авиакосмическая и экологическая медицина.–2000.–Т.34,№6. – С.16-22.
 12. Мерзон А.К., Зелигман В.С. Изменение деятельности почек человека в пассивном ортостазе и антиортостазе // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1978. - №6. – С. 25-28.
 13. Мерзон А.К., Титаренко О.Т., Андреева Е.К. Сравнительная оценка методов химической индикации креатинина // Лабораторное дело. – 1970. - №7. – С. 416-418.
 14. Носков В.Б. Механизмы волюморегуляции при действии факторов космического полета // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2000. – Т.34,№4. – С. 3-8.
 15. Пушкарь Ю.Т., Большов В.М., Елизарова Н.А. и др. Определение сердечного выброса методом тетраполярной грудной реографии и его метрологические возможности // Кардиология. – 1977. – Т.17, №7. – С. 85-90.
 16. Семенов В.Ю. Влияние факторов космического полета на гормональную регуляцию водно-солевого обмена // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1985. - №1. – С. 6-8.
 17. Яковлев Г.М., Карлов В.А. Типы кровообращения здорового человека: нейрогуморальная регуляция минутного объема кровообращения в условиях покоя // Физиология человека. – 1992. - №6. – С. 86-108.
 18. Leach C.S. Coordinated study of kidney function fluid and electrolyte metabolism and endocrine regulation // Wash. – 1981. – 66 p.
 19. Wilkins M.R., Gammage M.D., Lewis H.M. et al. Effect of lower body positive pressure on blood pressure, plasma atrial natriuretic factor concentration, and sodium and water excretion in healthy volunteers and cardiac transplant recipients // Cardiovasc. Res. – 1988.–Vol. 22,№4. – P. 231-235.
- Summary**
- PARAMETERS OF CARDIOHEMODYNAMICS, RENAL FUNCTIONS AND HUMORAL REGULATION OF WATER-SALT METABOLISM IN HEALTHY PERSONS WITH SIMULATED ANTIORTHOSTASIS WEIGHTLESSNESS**
- Gozhenko A.I., Biletsky S.V.
- The authors have examined 73 healthy persons (63 men and 10 women) aged from 22 to 52 years old. The parameters of central hemodynamics (CHD), renal functions, the vegetative regulation of the cardiac rhythm, the state of the rennin-angiotensin-aldosterone system (RAAS) and the content of the β -atrial natriuretic hormone (β -ANUH) in the blood plasma have been evaluated. The tests were carried in orthostasis, clinostasis and antiorthostasis (AOS) (lifting of the legs and their fixation at an angle of 45°) against a background of 0,5% water loading. It has been revealed that an increase of preloading at the initial stage of weightlessness simulating (1 hour AOS) is accompanied by adaptive changes of CHD and volume of homeostasis in the form of intensifying the influence of the parasympathetic part of the autonomic nervous system, decrease of the heart rate, increase of the blood stroke volume, reduction of the RAAS activity, increase of the blood plasma β -ANUH concentration and diuresis. The hemodynamic and renal response to an increased preload in AOS depends on the type of CHD.
- Реферат
- ПОКАЗНИКИ КАРДІОГЕМОДИНАМІКІ, НИРКОВИХ ФУНКЦІЙ І ГУМОРАЛЬНОЇ РЕГУЛЯЦІЇ ВОДНО-СОЛЬОВОГО ОБМІНУ У ЗДОРОВИХ ОСІБ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ НЕВАГОМОСТІ В АНТИОРТОСТАЗІ**
- Гоженко А.І., Білецький С.В.
- Обстежено 73 здорові особи (63 чоловіки і 10 жінок) у віці від 22 до 52 років. Визначали показники центральної гемодинаміки (ЦГД), ниркових функцій, вегетативну регуляцію серцевого ритму, стан ренін-ангіотензін-альдостеронової системи (РААС) і зміст альфа-предсердного натрійуретического гормону (ПНУГ) плазми крові. Дослідження проводилися в ортостазі, кліностазі і антиортостазі (АОС) (підйом ніг і їх фіксація під кутом 45°) на фоні 0,5% водного навантаження. Встановлено, що збільшення переднавантаження в початковому періоді моделювання невагомості (1 годину АОС) супроводжується адаптивними змінами ЦГД і волемічного го-

меостаза у вигляді посилення впливу парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи, зменшення частоти серцевих скорочень, збільшення ударного об'єму крові, зниження активності РААС, підвищення концентрації ПНУГ плазми крові і діурезу. Гемодинамічеській і ниркова відповідь на збільшен-

ня переднавантаження в АОС залежать від типу ЦГД.

Ключові слова: кардіогемодінаміка, функції нирок, ренін-ангіотензін-альдостероновою система, кліностаз, антиортостаз, венозне повернення.

УДК 612.592.1(98+99)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РЕАДАПТАЦИИ ПОСЛЕ ВОЗВРАЩЕНИЯ ИЗ АНТАРКТИДЫ АВИАЦИОННЫМ ТРАНСПОРТОМ

Дмитриев А.В.

*Санкт-Петербургская ГМА им. И.И. Мечникова,
Санкт-Петербург, Россия.*

46

За период более чем полувекового исследования Антарктики получен большой объем научной информации о физиологических и психологических изменениях в организме человека, происходящих в результате пребывания в экстремальных условиях шестого континента. Процессы же реадaptации, происходящие при возвращении в привычную среду обитания, изучались лишь эпизодически [1]. Это обусловлено прежде всего тем, что при выполнении таких исследований с участием человека крайне сложно исключить влияние социально-психологических факторов, неизбежно возникающих в послезекспедиционном периоде, а так же трудностями организационного характера. В связи с этим является актуальным изучение ответной реакции организма на возвращение к привычным условиям обитания посредством лабораторных животных. Исходя из этого, был выполнен комплекс исследований на лабораторных животных, которые после экспозиции в условиях Антарктической станции были возвращены посредством межконтинентальной транспортировки авиатранспортом в исходные условия лаборатории.

Целью исследований являлось изучение процессов адаптации и реадaptации организма, происходящих в результате межконтинентального перелета а Антарктиду и обратно.

Использование лабораторных животных в данном эксперименте дало возмож-

ность исключить влияние социального фактора, позволило наблюдать за исключительно физиологической реакцией организма, стандартизировать условия обитания и синхронизировать сроки выполнения исследований в условиях экспедиции и одновременно на контрольной группой, а так же получить информацию о изменениях не только в биосредах, но и на клеточном и органном уровнях.

Методика исследования

Эксперимент выполнялся на лабораторных животных (крысах) линии «Август». Исследования выполнялись параллельно на двух группах животных: первая постоянно находилась в условиях привычной среды обитания и являлась широтным контролем (ШК), другая находилась в экспедиционных условиях и являлась экспериментальной группой (ЭГ). Группа ЭГ была доставлена на антарктическую станцию самолетом в специальном утепленном контейнере, откуда после четырех месяцев наблюдений была вновь аналогичным образом возвращена обратно в условия нахождения группы ШК, где продолжились исследования в течении 3,5 месяцев. Общая продолжительность эксперимента составила 8,5 месяцев. На протяжении всего периода наблюдений животные обоих групп получали стандартный корм и содержались в условиях постоянных комфортной температуры и влажности [2]. Во время пребывания в Антарктиде и после возвращения синхронно по време-