



**ЗАО «Специальное конструкторское бюро
экспериментального оборудования при
Институте медико-биологических проблем РАН**

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ГАЗОВЫХ
СМЕСЕЙ КИСЛОРОДА и ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ
В СИСТЕМЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ
ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

Логунов Алексей
Тимофеевич,
генеральный директор –
главный конструктор

Гришин Виктор
Иванович,
гл. научный сотрудник,
д-р техн. наук, проф.

Общие положения

Операторская деятельность

- К операторской деятельности относят комплекс процессов приема и интеллектуальной переработки информации, принятия на ее основе решений по оптимальному выбору управляющих воздействий и их выполнение.
- Может осуществляться в детерминированных и стохастических системах

Характерные профессиональные типы человека-оператора

- В качестве базисных выделяют наиболее распространенные типы: оператор-руководитель, оператор-технолог, оператор-манипулятор, оператор-наблюдатель(и некоторые другие).
- Во многих случаях различные типы функционально сочетаются в одном человеке

Виды деятельности

- Для операторов различных профессиональных типов характерно преобладание определенного вида деятельности или их комбинаций, которые являются ведущими видами для операторов того или иного типа.
- Ведущий вид деятельности обуславливает требования к целям и методам психофизиологической подготовки в системе медико-биологического обеспечения операторов каждого конкретного профессионального типа

Важные негативно воздействующие факторы:

- длительное нахождение в замкнутом пространстве в состоянии напряженного ожидания при управлении сложными аппаратами и системами;
- длительная высокая концентрация внимания с обработкой большого количества когнитивной информации;
- значительные психоэмоциональные нагрузки при принятии ответственных решений при остром дефиците времени
- необходимость поддержания фиксированных поз рабочего акта, гиподинамия;
- измененный газовый состав среды обитания;
- неблагоприятные условия обитаемости .

Перечисленные воздействия сопровождаются:

- затруднениями кровотока и дыхания, в результате - выброс катехоламинов в кровь и увеличение метаболической потребности тканей в кислороде;
 - повышением кислородного запроса, приводящего к возникновению тканевой гипоксии;
 - развитием астении и падением работоспособности;
 - снижением когнитивных способностей;
 - снижением качества работы системы зрения.
-

Цель и задачи работ на современном этапе

Цель: Оптимизация методов и методик использования искусственных дыхательных смесей кислорода и инертных газов (гелия и аргона) в системе психофизиологической подготовки операторов (в том числе – специального профиля) для повышения профессиональных качеств, снижения рисков и повышения устойчивости организма к воздействию экстремальных психофизиологических нагрузок и неблагоприятных факторов внешней среды

Задачи :

- 1) **Исследование** эффектов воздействия на организм искусственных дыхательных смесей кислорода и инертных газов применительно к задачам выработки и стабилизации профессиональных психофизиологических качеств, необходимых для безопасной и эффективной работы операторов различных профессиональных типов.
 - 2) **Практическая апробация** методов использования искусственных дыхательных смесей кислорода и инертных газов в системе медико-биологического обеспечения работы операторов различных профессиональных типов
 - 3) **Разработка рекомендаций** по внедрению технологий использования искусственных дыхательных смесей кислорода и инертных газов в систему медико-биологического обеспечения операторов.
-

ВАЖНЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ

ИНГАЛЯЦИЯ ПОДОГРЕВАЕМЫМИ КГС

Оказывает комплексное благоприятное воздействие:

- ❑ **на систему дыхания:**
 - снижение сопротивления вдоху;
 - улучшение процессов альвеолярного газообмена,
- ❑ **на систему кровообращения**
 - уменьшение общего периферического сопротивления сосудистого русла;
 - снижение давления в легочной артерии;
 - увеличение кровотока в легких и верхних дыхательных путях;
- ❑ **на систему терморегуляции** (возможность выведения из гипотермии)
- ❑ **на систему зрения**

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ НОРМОБАРИЧЕСКИЕ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРОКСИЧЕСКИЕ ТРЕНИРОВКИ

Повышаются:

- ❑ **физическая работоспособность;**
- ❑ **анаэробный порог;**
- ❑ **общая устойчивость к воздействию гипоксии;**
- ❑ **показатели операторской деятельности** (скорость переработки информации и скорость сенсомоторных реакций)

Является перспективным средством управления функциональным состоянием военнослужащих, чья служебная деятельность связана с воздействием различных неблагоприятных факторов.

Требуют дальнейших исследований задачи отработки целевых профессионально ориентированных методик применения ИГГТ с учетом особенностей военно-профессиональной деятельности, характерные для конкретного контингента.

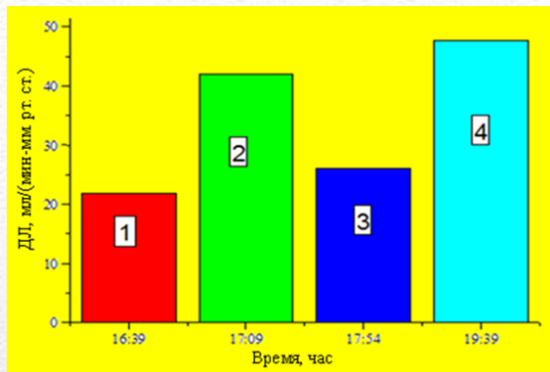
СОЗДАНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ НОРМОБАРИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ СРЕД В ГЕРМООБЪЕКТАХ

Обеспечивается возможность **длительного пребывания личного состава в пожаробезопасной среде с сохранением возможности выполнения боевой задачи**

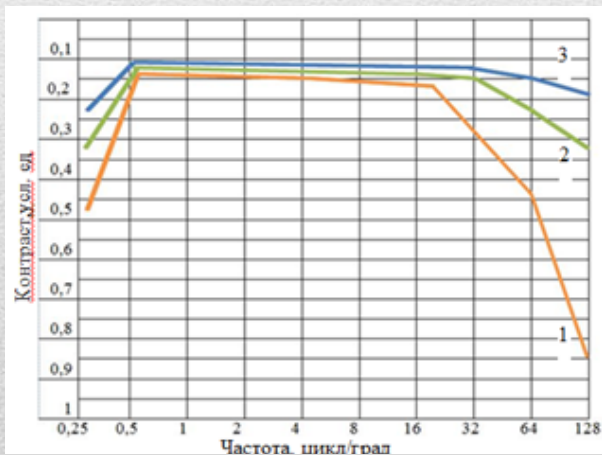
Установлено, что длительное (более 144 часов) пребывание в гипоксической и гипероксической КААрСр в условиях гипербарии до 0,5 МПа (40 м вод.ст.) существенного негативного влияния на психофизиологическое состояние человека не оказало.

Предложены режимы декомпрессии при спасении личного состава из аварийного гермообъекта после длительного непрерывного (до 144 часов) пребывания в нем в условиях многокомпонентной ПГС. Необходимо проведение дальнейших исследований предложенных режимов с учетом реальных условий работы личного состава в гермообъектах.

Ингаляция КГС. Важнейшие эффекты воздействия



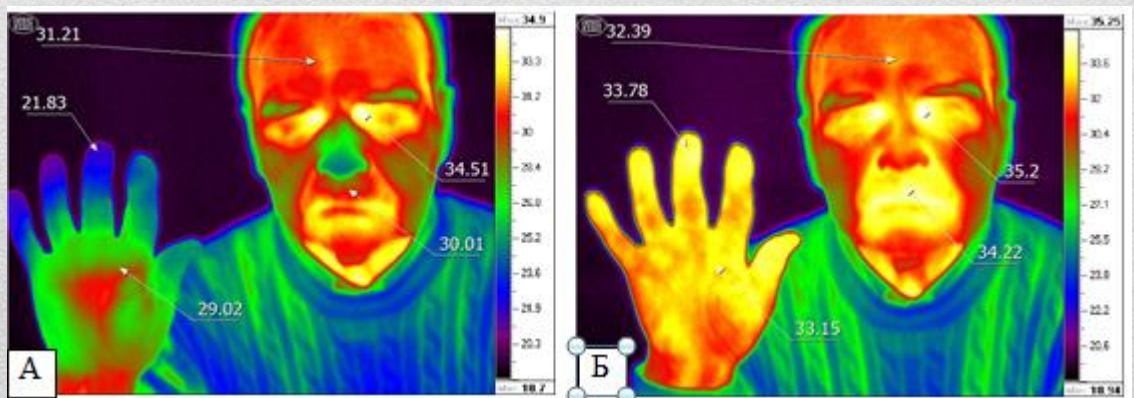
Диффузионная способность легких до, во время и после дыхания горячей КГС (1 – до дыхания подогретой КГС; 2 – во время дыхания подогретой КГС; 3 – через 30 мин; 4 – через 2 часа 30 мин)



Динамика изменения частотно-контрастной чувствительности глаз при дыхании кислородно-гелиевой смесью
 1 – до дыхания КГС;
 2 – недельный курс дыхания КГС;
 3 – двухнедельный курс дыхания КГС



Динамика вариации качества совмещенной деятельности испытуемых



Изменение температуры кожных покровов при дыхании термонеutralной (А) и подогретой (Б) кислородно-гелиевой смесью (на выносках – локальная температура в °С)

Интервальные гипоксические тренировки (ИГТ)

(перемежающееся дыхание гипоксическими и нормооксическими газовыми смесями)

Методы ИГТ

- задержка дыхания, дыхание в замкнутое пространство, дыхание с дополнительным мертвым пространством и т.п.
- использование нормобарического обедненного кислородом воздуха, получаемого на мембранных, либо адсорбционных установках. При этом фазы дыхания обедненным кислородом воздухом чередуется с фазами дыхания атмосферным воздухом окружающей среды (ИГТ);
- использование нормобарических гипоксических и гипероксических искусственных дыхательных газовых смесей кислорода и азота (ИГГТ);
- использование гипоксических и гипероксических подогреваемых дыхательных газовых смесей кислорода и гелия (ИГГТ ПКГС).

Эффективность ИГТ достигается **оптимальным индивидуальным выбором** продолжительности и степени остроты сеансов гипоксического воздействия в курсе тренировок, продолжительности курса тренировок, а также оптимальным сочетанием восстановительного и тренировочного процессов (ИКГС + ИГГТ ПКГС)

Наиболее эффективными аппаратными средствами ИГГТ ПКГС являются **дыхательные тренажеры с адаптивной биологической обратной связью**

Апробация методов ИГТ

Сравнительная апробация альтернативных методов ИГТ и ИГГТ ПКГС

Для проведения ИГТ применяется **мембранный гипоксикатор.**

Курс ИГТ состоял из 8 сеансов дыхания гипоксической газовой смесью, которые выполнялись ежедневно. **Продолжительность сеанса 35-40 минут.** Содержание кислорода в газовой смеси ступенчато снижалось в течение первых 4 дней с 16-17 об.% до 12 об.%, после чего не менялось на протяжении второй половины курса.

Для проведения ИГГТ ПКГС применяется **аппаратный комплекс на базе аппарата ИКГС «Ингалит В2-01».**

Создан в ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» (патент № 2521841 на изобретение «Мобильный дыхательный тренажер для проведения гипоксически-гипероксических тренировок», приоритет изобретения 01.03.2013г).

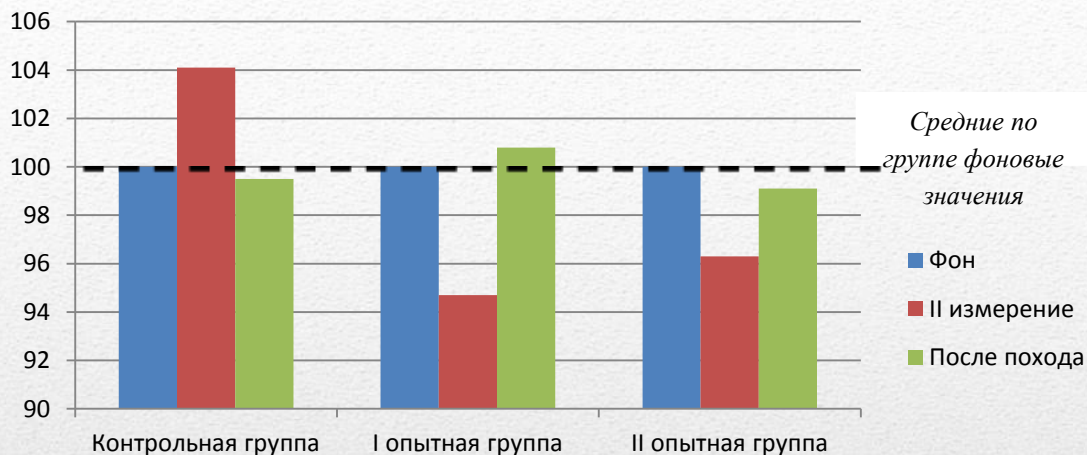
Для гипоксических и гипероксических воздействий используются предварительно подготовленные смеси кислорода с гелием. Безопасность проведения сверхострых гипоксических воздействий обеспечивается **адаптивной биологической обратной связью** по SpO2 и ЧСС с их непрерывным мониторингом и хранением в памяти ФПГ и ЧСС



Курс ИГГТ ПКГС состоял из 9 сеансов, проводившихся в двухнедельный период. **Продолжительность сеансов от 10 до 22 мин.** Величина гипоксического воздействия в сеансах определялась заданием порогов SpO2. В гипоксической фазе на протяжении курса использовалась смесь, состоящая из 93 об.% гелия и 7 об.% кислорода, в фазе восстановления – из 70 об.% гелия и 30 об.% кислорода.

Апробация методов ИГТ

Результаты сравнительной апробации методов ИГТ и ИГТ ПКГС



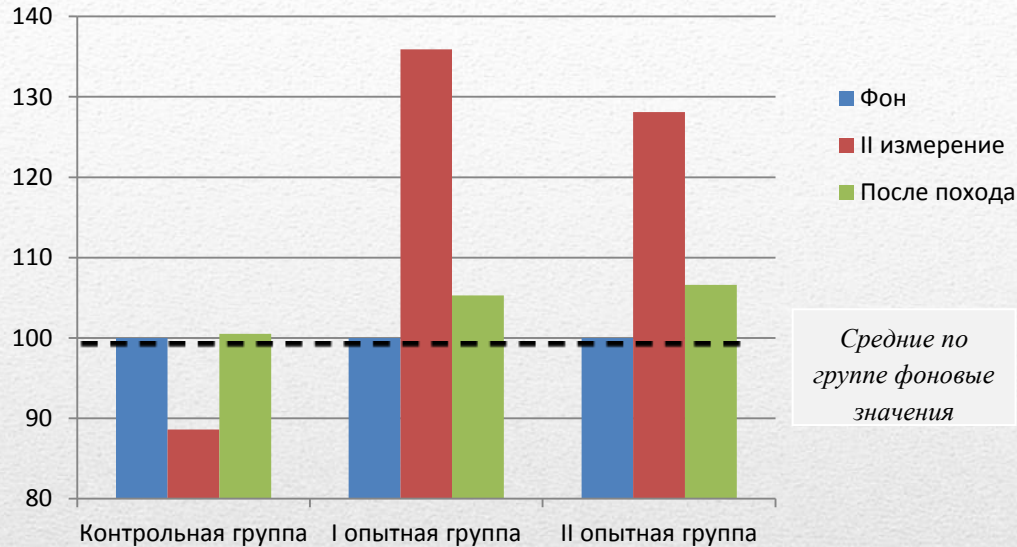
Динамика среднего артериального давления (АДср) у операторов различных групп во время исследований (% относительно фоновых значений).



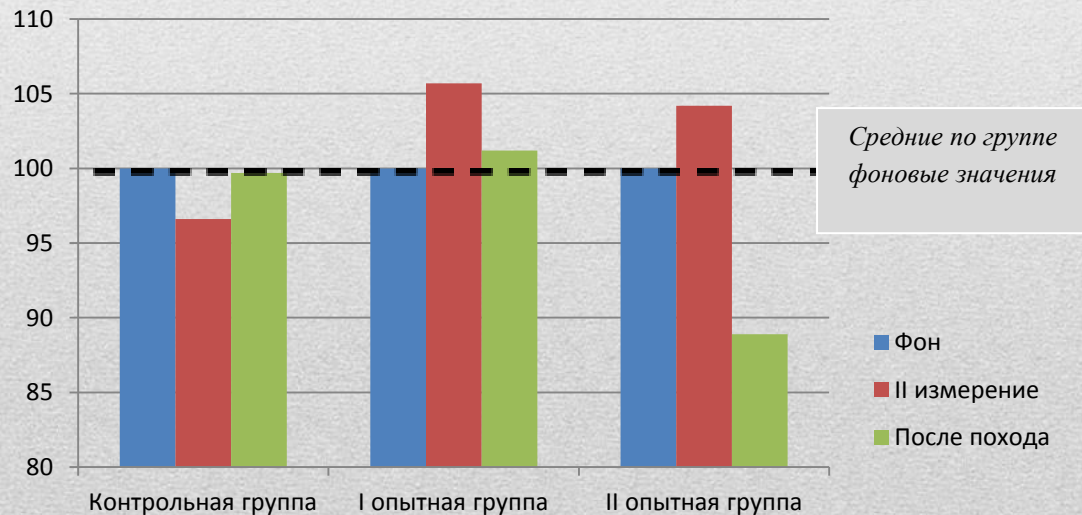
Динамика индекса функциональных изменений (ИФИ) у операторов различных групп во время исследований (% относительно фоновых значений)

Апробация методов ИГТ

Результаты сравнительной апробации методов ИГТ и ИГТ ПКГС



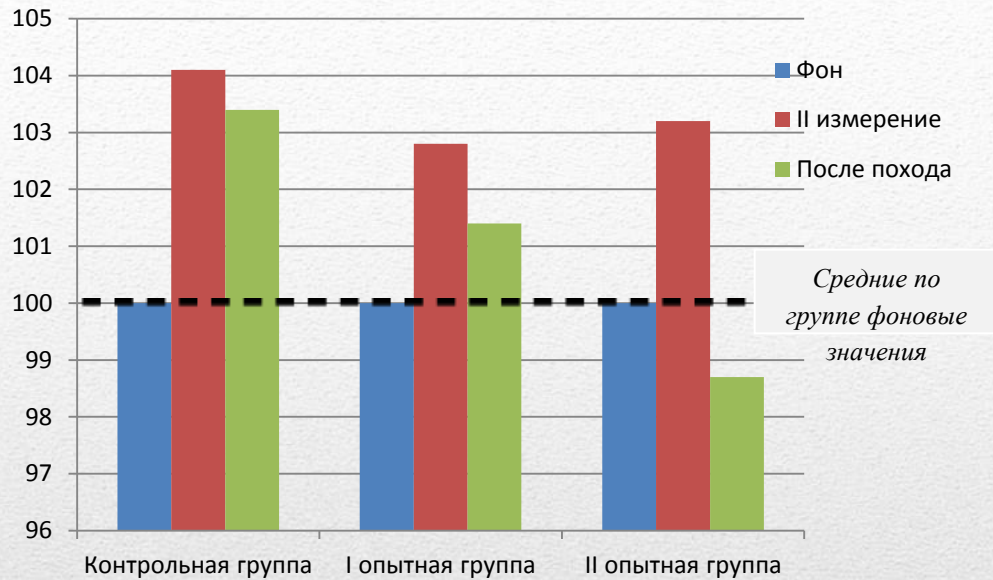
Динамика среднего отклонения интервала R-R (SDNN) у операторов различных групп во время исследований (% относительно фоновых значений)



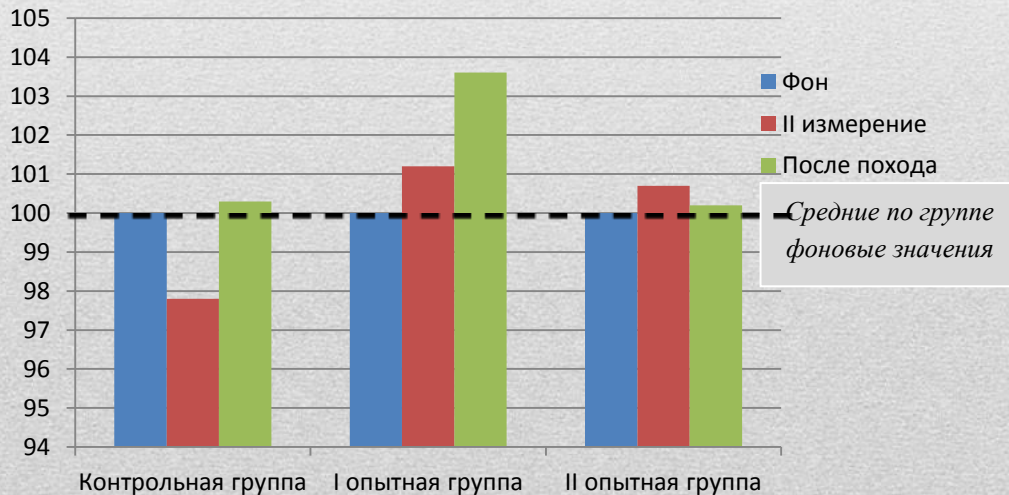
Динамика моды интервала R-R (Mo) у операторов различных групп во время исследований (% относительно фоновых значений)

Апробация методов ИГТ

Результаты сравнительной апробации методов ИГТ и ИГТ ПКГС



Динамика среднего латентного времени сложной сенсомоторной реакции (CCMRcp) у операторов различных групп во время исследований



Динамика средней точности операторской деятельности (At) у операторов различных групп во время исследований)

Апробация методов ИГТ

Некоторые результаты сравнительной апробации методов ИГТ и ИГТ ПКГС

Динамика показателей умственной работоспособности существенно различались в контрольной и опытных группах.

В I опытной группе при II обследовании наблюдалось достоверное увеличение скорости переработки информации в среднем на 3,9% ($p \leq 0,05$ по Т-критерию Вилкоксона), средней продуктивности – в среднем на 4,6 % ($p \leq 0,05$ по Т-критерию Вилкоксона), а также средней точности – на 1,2 %. В послепоходовой период данные показатели ещё больше возрастали, оказавшись выше фоновых значений в среднем на 4,1 % ($p \leq 0,025$ по Т-критерию Вилкоксона), 6,4 % ($p \leq 0,025$ по Т-критерию Вилкоксона) и 3,5 % ($p \leq 0,05$ по Т-критерию Вилкоксона) соответственно.

Во II опытной группе показатели S, Pt и At, напротив, незначительно увеличивались к моменту II обследования (в среднем на 3,2 %, 3,5 % и 0,7 % соответственно), а после окончания похода несколько снижались, практически возвращаясь к исходным величинам.

Выявленное увеличение скорости переработки информации, средней продуктивности и точности у операторов I опытной группы указывает на эффективность ингаляций КГС как перспективного метода психофизиологической подготовки операторов специального профиля.

Апробация метода ИГГТ ПКГС

Подготовка операторов к пребыванию в пожаробезопасной среде

Подготовка операторов к пребыванию в гипоксической КАрГС с содержанием кислорода 14 об.% методом ИГГТ ПКГС с использованием аппаратного комплекса на базе аппарата ИКГС «Ингалит В2-01».

Цель подготовки – формирование долговременной адаптации к гипоксии.



Для дыхания использовалась газовая смесь, состоящая

- в гипоксической фазе из 93 об.% N_2 и 7 об.% O_2 ;
- в фазе восстановления – из 70 об.% N_2 и 30 об.% O_2 .

Курс состоял из 20 сеансов, проводившихся ежедневно по два сеанса в день с интервалом 4 часа .

- Продолжительности сеансов: первого 25 мин., второго – 15 мин.
- Сила гипоксических воздействий в сеансах являлась функцией от задаваемых порогов SpO_2 для переключения гипоксической и гипероксической смесей, подаваемых на дыхание.

Результаты апробации метода ИГГТ ПКГС

для формирования долговременной адаптации к гипоксии

Оценки динамики изменения адаптации к гипоксии по SpO_2

$U_{гс} = \Sigma\tau_{гi} / \Sigma\tau_{вi}$ - величина, характеризующая устойчивость организма к гипоксии в сеансе ИГГТ, измеренная по SpO_2 , где:

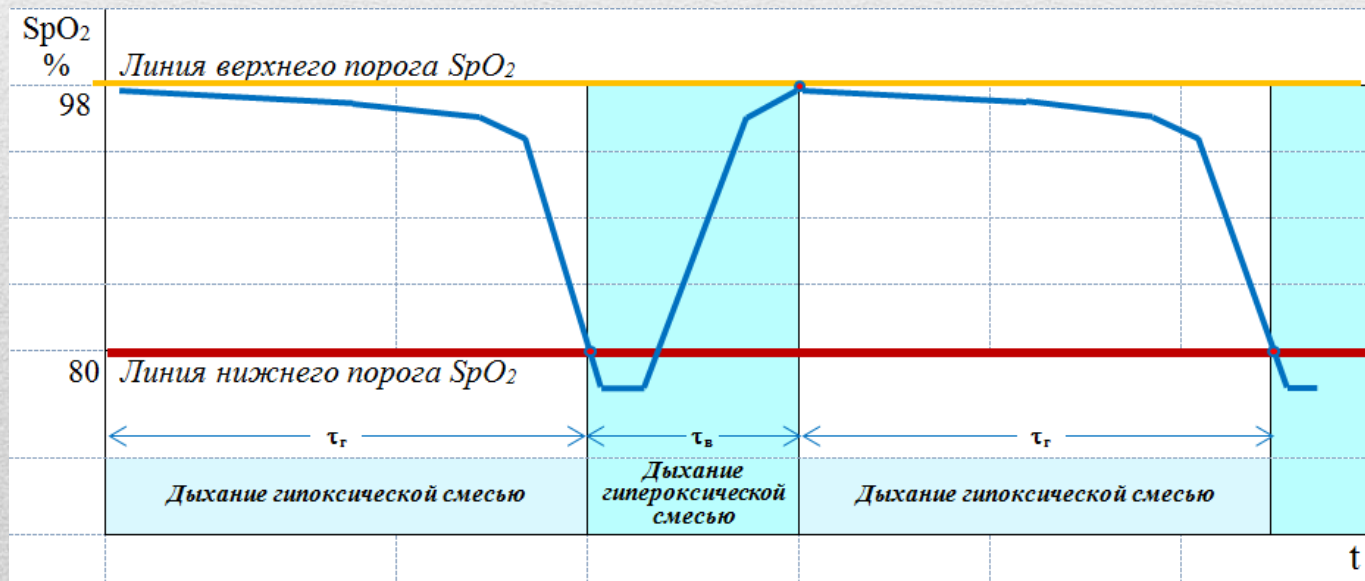
$\Sigma\tau_{г}$ - суммарная продолжительность фаз воздействия гипоксии в сеансе;

$\Sigma\tau_{в}$ - суммарная продолжительность фаз восстановления в сеансе.

$U_{гц} = \tau_{гi} / \tau_{вi}$ - величина, характеризующая устойчивость организма к гипоксии в цикле "гипоксия - восстановление", измеренная по SpO_2 , где:

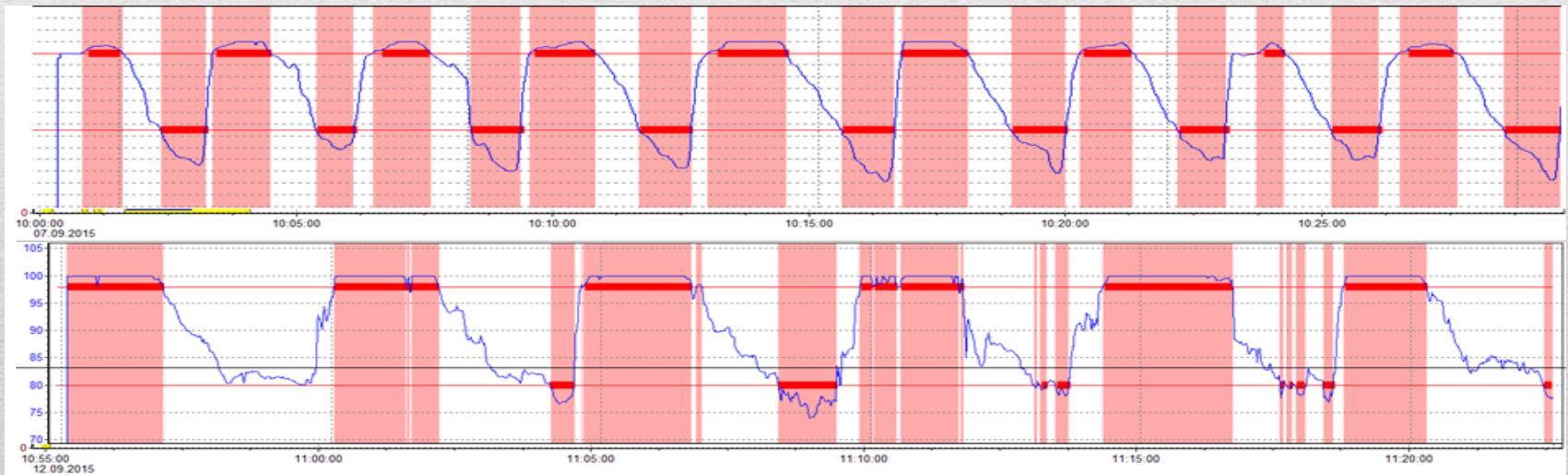
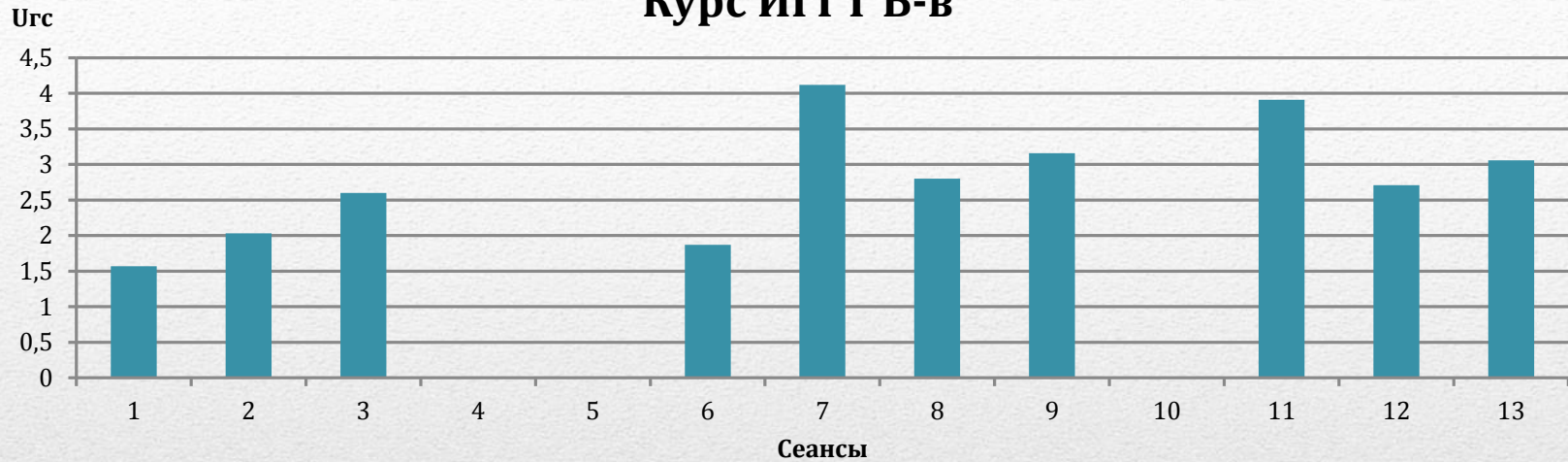
$\tau_{г}$ - продолжительность фазы воздействия гипоксии в цикле "гипоксия - восстановление";

$\tau_{в}$ - продолжительность фазы восстановления в цикле "гипоксия - восстановление".



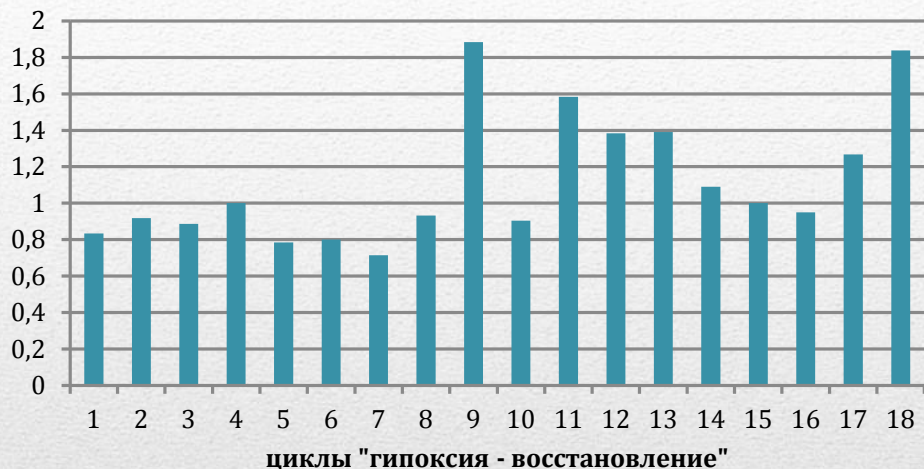
Некоторые результаты апробации метода ИГГТ ПКГС для формирования долговременной адаптации к гипоксии

Курс ИГГТ Б-в

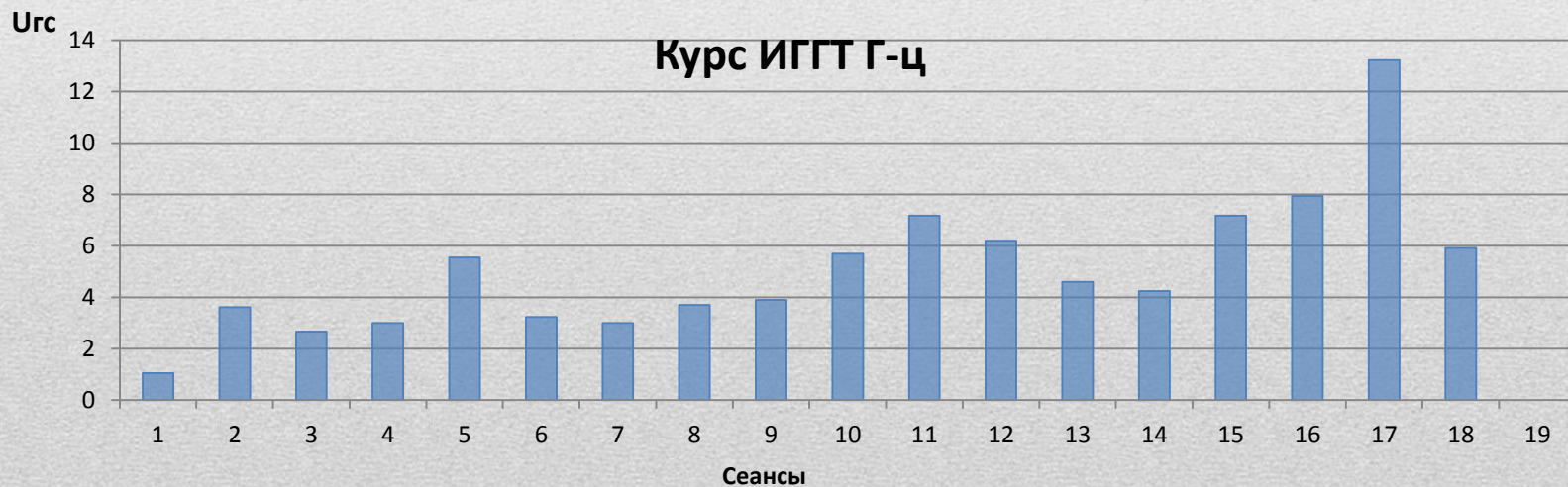
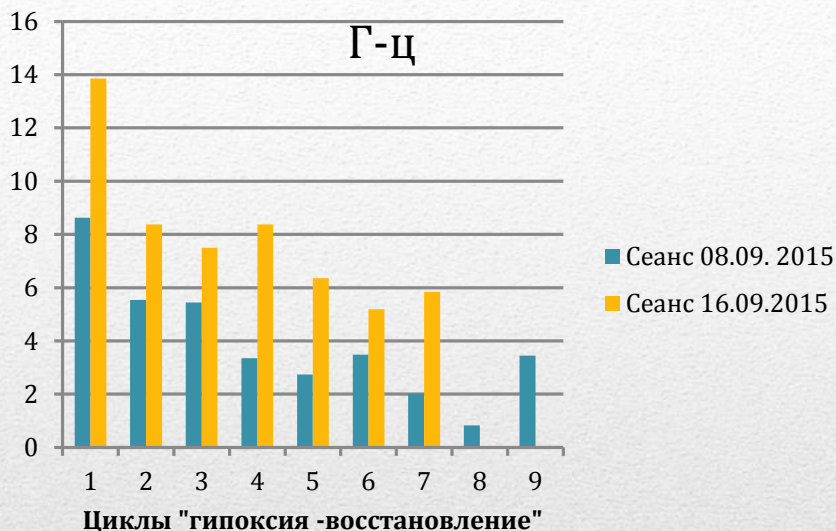


Некоторые результаты апробации метода ИГГТ ПКГС для формирования долговременной адаптации к гипоксии

Г-ц Сеанс 1 07.09.2015



U_{гц} Г-ц



Аппаратные средства

«Ингаляторы для дыхания подогретыми кислородногелиевой газовой смесью "Ингалит" ТУ 9444-006-45745482-2013».

Регистрационное удостоверение № РЗН 2015/2466 от 12.03.2015г. Приказ № 1534 от 12.03.2015 г.

«Ингалит В2-01»



СВМ



«Ингалит В2»



«Ингалит В4»

Аппарат спасательный водолазный медицинский

Предназначен для использования при оказании первой помощи при ДБ, выведении из гипотермии и лечении бронхообструктивного синдрома дыханием подогреваемыми кислородно-гелиевыми смесями одновременно двумя водолазами

Основные характеристики

Содержание кислорода в дыхательной смеси, %	от 21 до 90
Температура дыхательной смеси, °С	75, 90
Схема дыхания	закрытая
Электропитание от сети переменного или постоянного тока:	
– переменный ток, В	220
– постоянный ток, В	12; 24
Потребляемая мощность, В·А, не более	200
Габаритные размеры каждого блока, мм, не более	515x450x250
Масса аппарата, кг, не более	45



Принят на снабжение ВМФ приказом Главнокомандующего ВМФ 2001 г. № 331

Ингалятор подогретыми КГС «Ингалит-В2»



Предназначен для использования при оказании первой помощи при ДБ, выведении из гипотермии, лечении бронхообструктивного синдрома дыханием подогреваемыми кислородно-гелиевыми смесями по полуоткрытой схеме дыхания

Наименование параметров и характеристик	Единицы	Значения
1. Содержание кислорода в дыхательной смеси*	об. %	23÷25
2. Температура дыхательной смеси**	°С	75 или 95
3. Сопротивление дыханию при легочной вентиляции 30 л/мин, не более:		
в тракте выдоха	мм вод.ст.	25
в тракте вдоха	мм вод.ст.	50
4. Напряжение электрического питания		
от сети переменного тока	В	220
или		
от источника постоянного тока	В	12
5. Потребляемая электрическая мощность, не более	ВА	50
6. Время непрерывной работы при полной при расходе 10 л/мин, не менее	мин	180
8. Габаритные размеры, не более:		
укладки	мм	360×305×200
системы газоснабжения	мм	640×400×210
9. Масса, не более:		
укладки	кг	8
системы газоснабжения	кг	20

Портативный автономный аппарат для дыхания кислородно-гелиевыми смесями «Ингалит –В4»

Назначение: для использования на открытом воздухе и в помещениях для экстренных кратковременных сеансов дыхания подогретыми КГС

Наименование параметров и характеристик	Единицы	Значения
1. Содержание кислорода в дыхательной смеси	об. %	23±25
2. Температура дыхательной смеси в зоне маски	°С	40 или 50
3. Сопротивление дыханию при легочной вентиляции 30 нл/мин, не более:		
в тракте выдоха	мм вод.ст.	25
в тракте вдоха	мм вод.ст.	50
4. Напряжение электрического питания от источника постоянного тока	В	12
5. Потребляемая электрическая мощность, не более	ВА	30
6. Система газоснабжения:		
- объем баллона	л	0,7
- рабочее давление	кгс/см ²	150
7. Объем газовой смеси	н.л.	105
8. Время непрерывной работы при расходе 10 н.л./мин, не менее	мин	10
9. Габаритные размеры ингалятора в упаковке (с баллоном), не более:	мм	300×400×100
10. Масса ингалятора в упаковке, не более:	кг	5



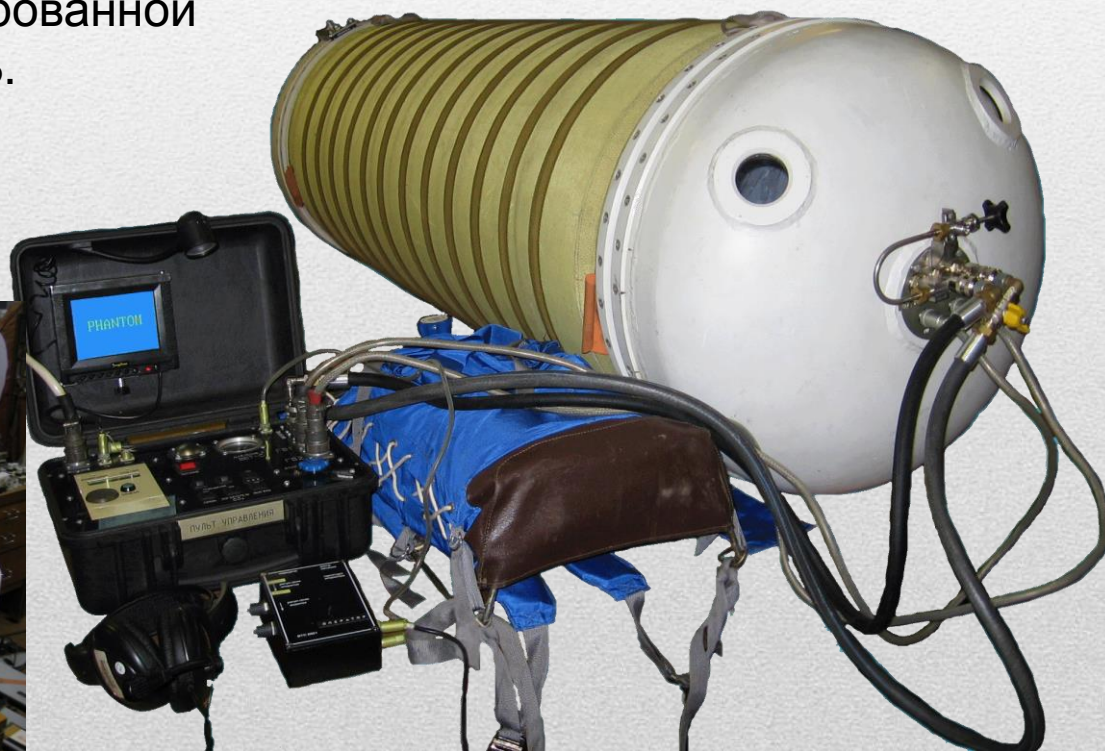
Что сдерживает внедрение технологий КГТ и ИКГТ в практику :

- 1.Случаи дискриминации технологии ее неквалифицированным применением из-за отсутствия системной специальной подготовки врачебного состава;
- 2.Отсутствие общепризнанных критериев оценки эффективности кислородно-гелиевой терапии;
- 3.Отсутствие профилированных методик применения кислородно-гелиевой терапии;
- 4.Ограниченная номенклатура и количество доступных в настоящее время технических средств для реализации новой технологии и их несоответствие специфическим требованиям применения в профессиональных интересах подготовки и реабилитации операторов.

Эффективное внедрение методов кислородно-гелиевой терапии невозможно без системных решений, направленных на разработку медицинской технологии с созданием специализированной дыхательной аппаратуры, оптимизацией параметров дыхательных смесей по назначению, разработки методик использования дыхательных смесей и критериев оценки результативности их применения, а также без специальной подготовки врачей с освоением новых методик повышения резервных возможностей организма.

Барокамера водолазная транспортно-складная БВТ-С

Предназначена для эвакуации пострадавшего с декомпрессионной болезнью к стационарной барокамере для проведения полного курса лечения. При модернизации и укомплектовании аппаратурой (Стационарной дыхательной системой - СДС) обеспечит проведение лечебных кислородных и кислородно-воздушных режимов до 5 атм в целях минимизации срока до начала оказания квалифицированной медицинской помощи при ДБ.



Основные технические характеристики транспортировочной барокамеры БВТ-С

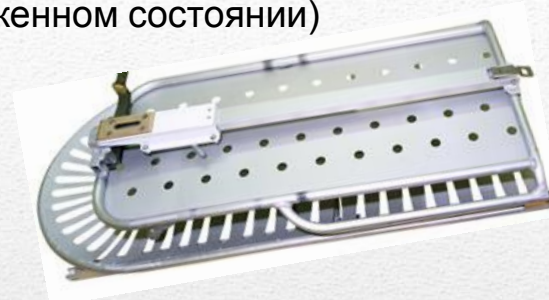
- Рабочее избыточное давление 0,5 МПа;
- Внутренний свободный объем (без человека) 0,5 м³;
- Рабочая среда воздух;
- Габаритные размеры (длина × диаметр) 2,2 х 0,63 м;
- Масса в полной комплектации, не более) 160 кг;
- Время непрерывной работы, не более 8 часов;
- Электропитание – источник постоянного тока 12 В;
- Запас сжатого воздуха 4200 нл;
- Запас кислорода 300 нл;
- Запас химического поглотителя СО₂ (ХП-ИК) 3,4 кг;
- Общая мощность, потребляемая системами 100 ВА.
- Время приведения барокамеры в рабочее состояние подготовленным персоналом 20 мин

Хранение и транспортирование барокамеры

Барокамера в транспортном контейнере
(крышка контейнера снята)



Ложемент барокамеры
(в сложенном состоянии)



Две камеры могут транспортироваться в кузове минивэна
(по вместимости эквивалент УАЗ-39621)



Доставка камеры вручную
к месту оказания помощи

Приемы работы с барокамерой

Размещение в барокамере пострадавшего



Подготовка камеры

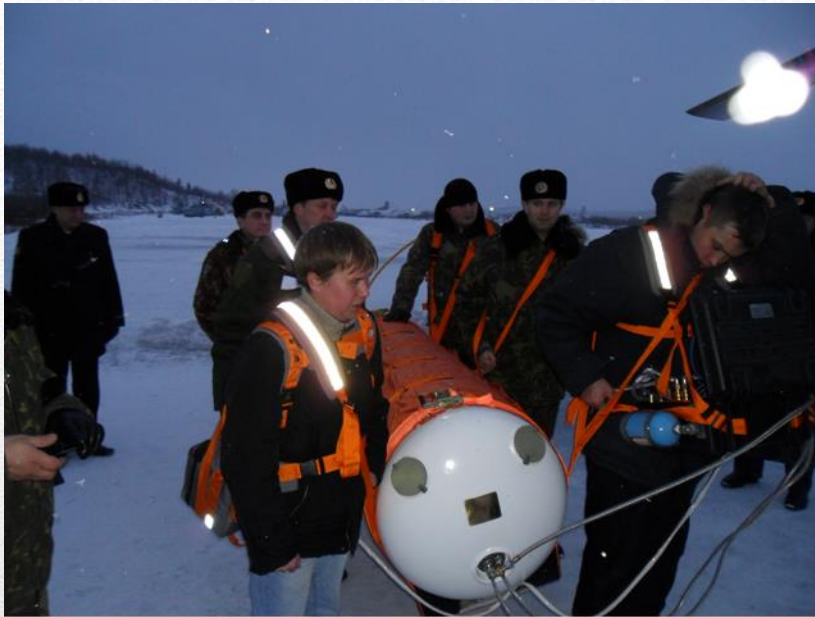


**Размещение пострадавшего
на ложементе**



Закрывается люк

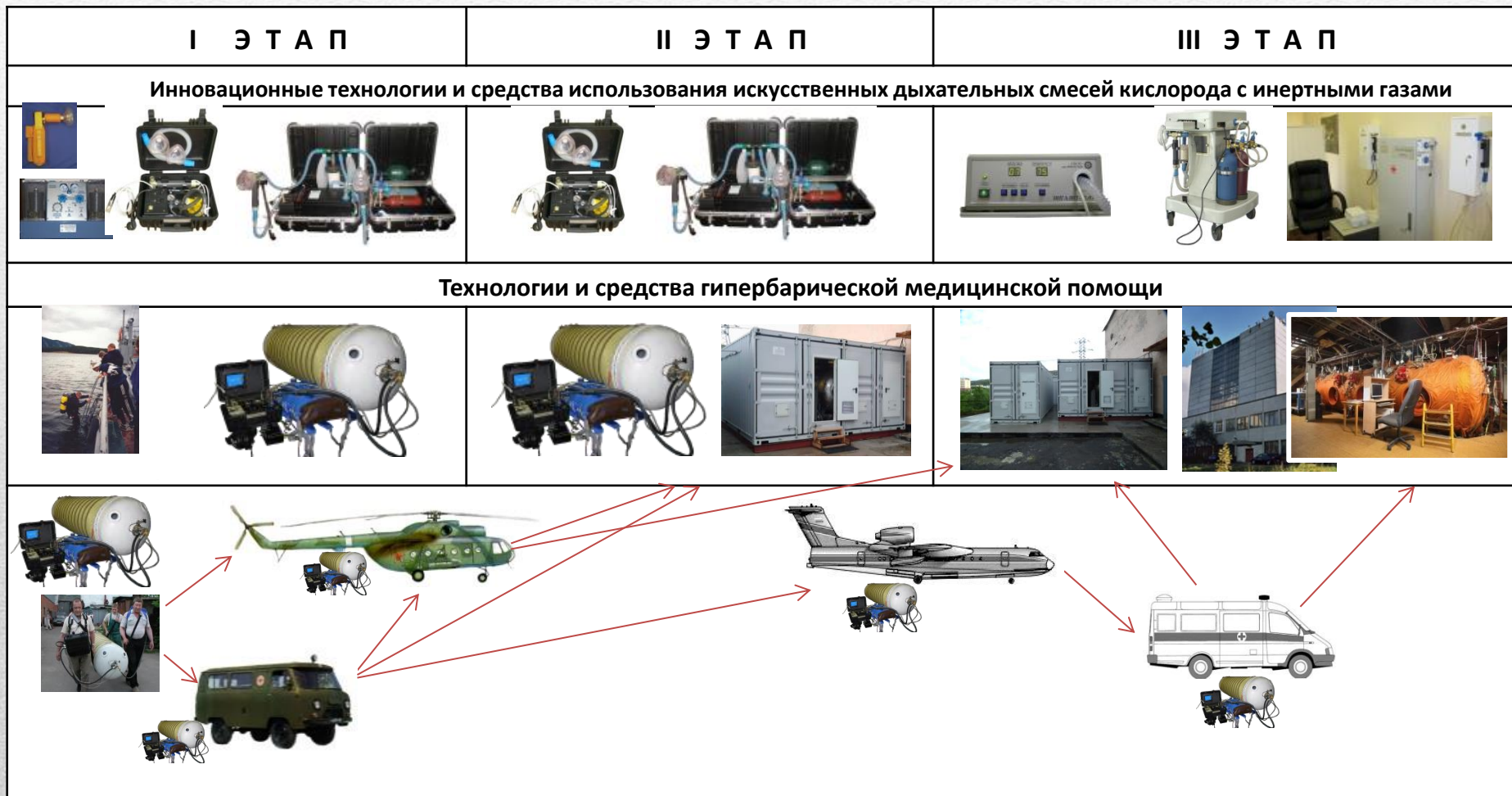
Размещение барокамеры в вертолетах КА-27 и Ми-8



Области возможного применения созданных в ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» перспективных инновационных технологий и технических средств в системе медицинского обеспечения спасательных и водолазных работ

Исходные принципы:

- Максимальное приближение медицинской помощи к месту получения травмы (заболевания)
- Адекватность оказания медицинской помощи
- Применение максимально возможного комплекса лечебных факторов
- Обеспечение непрерывности лечебного воздействия



Проект комплексной системы оказания специализированной медицинской помощи пострадавшим от декомпрессионных заболеваний и минно-взрывных баротравм в зоне влияния ВМФ России



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ!**