

УДК 613.68+626.02+612.27

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТОК ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАЗЕМНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ГИПЕРБАРИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНЫХ И ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТ

*А.Т.Логунов, В.И.Гришин, Н.Б.Павлов, Г.М.Соколов*  
ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН», Москва, Россия

## CURRENT STATE OF, TRENDS IN, AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DOMESTIC TERRESTRIAL TECHNICAL MEANS OF HYPERBARIC OXYGENATION INTENDED FOR THE MEDICAL SECURITY OF RESCUE AND DIVING OPERATIONS

*A.T.Logunov, N.B.Grishin, N.B.Pavlov, G.M.Sokolov*

ZAO Central Design Engineering Bureau of Experimental Equipment (CDEBEE), Institute  
of Medico-Biological Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

© Коллектив авторов, 2015 г.

В статье проведен анализ состояния прикладных научных исследований в области гипербарической медицины, а также современных отечественных образцов водолазных барокамер и водолазных комплексов модульного, мобильного и передвижного исполнений. Анализ показал, что функциональные возможности и технические характеристики существующих барокамер и создаваемых на их основе комплексов не соответствуют современным медико-техническим требованиям и сложившимся экономическим реалиям. Показана несостоятельность сформировавшейся в последнее десятилетие тенденции позиционирования создаваемых одноотсечных барокамер, не имеющих систем очистки газовой среды от вредных веществ, как барокамер, пригодных для проведения лечебной рекомпрессии с использованием режима вентиляции по замкнутому циклу. Для создания полноценной системы гипербарической медицинской помощи наряду с системным подходом в решении проблем медицинского обеспечения спасательных и водолазных работ необходим кардинальный пересмотр организации опытно-конструкторских работ по созданию перспективных образцов технических средств гипербарической медицины с перспективой их унификации.

**Ключевые слова:** гипербарическая медицина, барокомплексы, барокамеры, военно-экономическая эффективность, лечебная рекомпрессия, очистка газовой среды, микропримеси.

The current state of affairs in applied and basic research related to hyperbaric medicine is reviewed. Performance characteristics of modern domestically designed diving pressure chambers and diving complects having modular, mobile and ambulatory designs are discussed. The analysis suggests that the performance and design characteristics of available pressure chambers and complexes comprising them to not conform to modern medico-technical requirements and current economic actuals. To develop an adequate practice of hyperbaric medical treatment, it is necessary, along with practicing a systemic approach to solving the problems of medical security of rescue and diving operations, to radically revise the organization of research-and-development work aimed at designing promising technical means for hyperbaric medicine.

**Key words:** hyperbaric medicine, diving complects, pressure chambers, military-economic effectiveness, curative recompression, gaseous medium, trace contaminants, air purification.

Концепция развития системы поисково-спасательного обеспечения Военно-Морского Флота (далее — Концепция) на период до 2025 года,

утвержденная в 2014 г. Министром обороны Российской Федерации, констатирует отсутствие в настоящее время в стране системы оказания

специализированной медицинской помощи пострадавшим от воздействия вредных производственных факторов повышенного давления (водолазам, подводникам, дайверам, кессонным рабочим, экипажам летательных аппаратов, пострадавшим при террористических актах, техногенных катастрофах и др.).

Существовавшая ранее в Военно-морском флоте структура гипербарических средств в системе медицинского обеспечения спасательных, водолазных и глубоководных работ за последние десятилетия оказалась фактически разрушенной. Исходя из оценки сложившейся ситуации как недопустимой, в Концепции определены первоочередные и перспективные цель, задачи и основные направления развития системы поисково-спасательного обеспечения Военно-Морского Флота (далее — ПСО ВМФ) в современных и прогнозируемых военно-политических, военно-стратегических и военно-экономических условиях. При этом ставится задача создания в кратчайшие сроки (с завершением в 2015 году) полноценной системы гипербарической медицинской помощи водолазам, пострадавшим от вредных производственных факторов повышенного давления, экипажам воздушных судов, потерпевшим бедствие. Для достижения поставленной цели одним из положений Концепции утверждается необходимость совершенствования военно-научного обеспечения процессов создания, развития и функционирования системы ПСО ВМФ, в том числе в части реализации единой технической политики по разработке перспективных образцов технических средств, активизации прикладных исследований в области гипербарической медицины и медицинского обеспечения поисково-спасательных и водолазных работ.

На текущем этапе реализации требований Концепции актуальной задачей является устранение наиболее очевидных из сохраняющихся негативных явлений в области медицинского обеспечения водолазного дела. С одной стороны, усилиями водолазно-медицинского сообщества при значительном вкладе ФМБА России введена новая специальность — врач по водолазной медицине, разработаны проекты порядка и стандартов оказания всех видов медицинской помощи при баротравме легких и декомпрессионной болезни, получено разрешение на применение новой медицинской технологии лечения декомпрессионной болезни, вводятся должности «водолазный врач». С другой стороны, ба-

рокамеры, являющиеся важнейшими инструментами лечения наиболее распространенной патологии у водолазов — декомпрессионной болезни и баротравмы легких, имеются в недостаточном количестве. При этом функциональные возможности и технические характеристики существующих барокамер и вновь создаваемых на их основе комплексов далеко не всегда соответствуют современным медико-техническим требованиям, сложившимся военно-экономическим условиям и актуальным в этих условиях требованиям импортозамещения.

### **I. Состояние и тенденции разработок современных отечественных образцов водолазных барокамер и водолазных комплексов модульного, мобильного и передвижного исполнений**

Следует отметить, что адекватное восприятие функциональных предназначений некоторых образцов затрудняется несоответствием требованиям ГОСТ Р 52119 терминов и определений, используемых разработчиками водолазных барокамер и водолазных комплексов [1].

Широко распространенные среди разработчиков и потребителей гипербарической техники отклонения от рекомендуемой терминологии свидетельствуют о необходимости либо дополнения терминов и определений, либо корректировки терминологии, предлагаемой в указанном стандарте. Это в первую очередь относится к использованию термина «барокомплекс» и его производных («мобильный барокомплекс», «мобильный автономный барокомплекс»), термина «водолазный барокомплекс», термина «водолазный комплекс» и его производных («модульный водолазный комплекс», «мобильный водолазный комплекс», «передвижной водолазный комплекс»), термина «транспортная водолазная барокамера».

На практике в ряде случаев разработчиками конкретных образцов подразумевается иное смысловое содержание указанных терминов, что обнаруживается в распространяемых информационных материалах и в различных официальных документах. Более того, термину «транспортная водолазная барокамера» в ГОСТ Р 52119 дано некорректное определение, фактически относящееся к транспортировочной водолазной барокамере, но этот термин по непонятным причинам не приведен.

В связи с тем, что обсуждение системы понятий, изложенной в ГОСТ Р 52119, находится вне темы статьи, далее будет использована терминология (при необходимости — с ремарками),

принятая разработчиками анализируемых образцов и закреплённая в касающихся их официальных документах.

В настоящее время в эксплуатации находятся водолазные барокамеры различных типов, унаследованных от СССР, а также значительное количество барокамер импортного производства.

В последнее десятилетие активизировались работы по модернизации ранее созданных барокамер с целью расширения их функциональных возможностей и разработке новых барокамер. Так, в 2007 году ФГУП «28 Военный завод» МО РФ разработало проектно-конструкторскую документацию и изготовило камеру декомпрессионную малую модернизированную РКМу-М, которая нашла применение в различных судовых водолазных комплексах [2].

В 2007 году предприятием ООО «Дайвтехносервис» организовано серийное производство водолазных барокамер нового поколения, представленных модельным рядом РБК-1600, РБК-1400, РБК-1200, РБК-1000, РБК-1000У. В рамках реализации программы усовершенствования барокамер типоразмерного ряда «РБК» в 2009 году спроектирована для судовых водолазных комплексов декомпрессионная барокамера РБК-1400, которую разработчик позиционировал как барокамеру нового поколения, «... оборудованную новейшим комплексом систем управления и жизнеобеспечения, не имеющую аналогов на Российском рынке» [3].

В 2014 году ОАО «Тетис Про» завершена подготовка к серийному производству созданного предприятием принципиально нового, действительно современного образца отечественной водолазной барокамеры БКД-120Т, удовлетворяющей требованиям «Российского Морского Регистра Судоходства» и соответствующая требованиям технических регламентов таможенного Союза ТР ТС 032/2013, ТР ТС 004/20011. Впервые отечественная барокамера оснащена фланцем по стандарту DIN для подсоединения транспортабельной барокамеры типа Hytech D.A.R.T. [4].

Предприятием ОАО «Специальное конструкторское бюро котлостроения» (СКБК) по техническим требованиям ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН» с 2011 года целевым назначением выпускается водолазная барокамера КДВ-1600 по техническим условиям, согласованным ЗАО

«СКБ ЭО при ИМБП РАН», 40 ГНИИ МО РФ и УГТН МО РФ [5].

Основные технические параметры и характеристики барокамер представлены в табл. 1.

Акцент на перечисленные барокамеры обусловлен тем, что они оказались наиболее востребованными при создании различных водолазных и барокомплексов, предназначенных для выполнения задач, созвучных задачам первого этапа реализации Концепции развития обеспечивающей системы ПСО ВМФ.

Очевидно, что диапазон функциональных возможностей оказания различных видов гипербарической медицинской помощи в этих комплексах фактически определяется медико-техническими характеристиками основного инструмента — барокамерой и ее оборудованием. На разработку и создание отечественных технических средств гипербарической медицинской помощи для различного контингента потребителей в настоящее время сориентировались несколько организаций и предприятий, из упомянутых ранее, таких, например, как ОАО «Тетис Про», ООО «Дайвтехносервис», ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН».

Предприятием ОАО «Тетис Про» в последнее время разработаны (в обсуждаемом классе технических средств):

а) мобильный водолазный комплекс МВК, которым оснащены поисково-спасательные формирования МЧС России [6];

б) станция передвижная рекомпрессионная\* ПРС-ВМ для поисково-спасательных формирований МЧС России, морских частей Внутренних войск МВД России, специальных подразделений ФСБ [7].

Мобильный водолазный комплекс МВК и станция передвижная рекомпрессионная ПРС-ВМ с водолазной барокамерой РКУМу обеспечивают возможность:

— проведения лечебной рекомпрессии одновременно двух водолазов или одного водолаза и врача по воздушным режимам межотраслевых правил по охране труда при проведении водолазных работ;

— проведения учебно-тренировочных спусков водолаза в барокамере на глубины до 100 метров;

— проведения водолазных спусков и подводно-технических работ на глубины до 60 метров [6, 7].

С применением новой барокамеры типа БКД-120 предприятием разработан контейнерный

\* По ГОСТ Р 52119 недопустимый термин.

Таблица 1  
Основные технические параметры и характеристики барокамер

Наименование характеристики, параметра	Значение				
	РКУМу	БКД-120Т	РБК-1400	КДВ-1600	
1	2	3	4	5	
Рабочее давление, МПа	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Диаметр корпуса, мм	1000	1200	1400	1600	1600
Рабочая газовая среда:					
— в жилых отсеках	Воздух	Воздух, КАГС	Воздух, КАГС	Воздух, КАГС	Воздух, КАГС
— в предкамере	Воздух	Воздух	Воздух	—	—
Количество отсеков	1	1	1	2	2
Предельно допустимое количество водолазов, размещаемых в полужении:					
— лежа	1	1	1	2	2
— сидя	2	2	2	6	6
Диаметр входных и переходных люков в свету, мм	600	600	600	700	700
Характеристики обитаемости:					
а) объем жилых отсеков, м <sup>3</sup>	1,7	Отсек 2,15, предотсек 0,9 м <sup>3</sup>	2,98	3,68×2	3,68×2
б) поддержание заданных параметров микроклимата	Вентиляция	Грелки внутри отсека и предкамеры Вентиляция	Наружный электрообогрев нижней части корпуса Вентиляция	Система кондиционирования Вентиляция	Система кондиционирования Вентиляция
в) очистка газовой среды:					
— от диоксида углерода	Нет	Предусмотрена	Предусмотрена	Предусмотрена	Предусмотрена
— от вредных веществ	Нет	Нет	Нет	Нет	Предусмотрена
г) контроль состава газовой среды и СО <sub>2</sub> в отбираемых пробах	Контроль содержания О <sub>2</sub> и СО <sub>2</sub> в отбираемых пробах	Постоянный контроль параметров газовой среды	Постоянный контроль содержания О <sub>2</sub> и СО <sub>2</sub>	Постоянный контроль состава газовой среды (О <sub>2</sub> , СО <sub>2</sub> , Не), температуры и влажности	Постоянный контроль состава газовой среды (О <sub>2</sub> , СО <sub>2</sub> , Не), температуры и влажности
д) система вентиляции	Открытая	а) открытая; б) замкнутая	а) открытая; б) замкнутая	а) открытая; б) замкнутая	а) открытая; б) замкнутая
Возможность и средства проведения гипербарической оксигенации	Нет	Предусмотрена с использованием СДС	Предусмотрена с использованием СДС	Предусмотрена с использованием СДС	Предусмотрена с использованием СДС
Возможность использования подогреваемых дыхательных смесей кислорода и инертных газов	Нет	Нет	Нет	Нет	Предусмотрена
Медицинский контроль	Нет	Нет	Нет	Нет	Система оперативного медицинского контроля

Окончание таблицы 1		5	4	3	2	1
Габаритные размеры, мм:		4000	3500	2900	2700	
Длина		1855	1700	1800	1250	
Высота		1995	1570	1500	1050	
Ширина		3200	2400	3500	800	
Масса барокамеры, кг, не более						

водолазный комплекс в мобильном исполнении на шасси автомобиля КАМАЗ 43118 (МКВК) и контейнерный водолазный комплекс на двухосном прицепе СЗАП 8357 (КВК), которые обеспечивают возможности по функциональному назначению, идентичные МКВК [8].

Предприятием ООО «Дайвтехносервис» с использованием новой барокамеры РБК-1400 разработан мобильный контейнерный водолазный комплекс МКВК-60, предназначенный для автономного комплексного обеспечения водолазных спусков, выполняемых водолазными, аварийно-спасательными и специальными подразделениями организаций, министерств и ведомств, при проведении поисковых, аварийно-спасательных и подводно-технических работ, решении специальных и учебных задач. Детальная информация о функциональных возможностях комплекса представлена на сайте разработчика [9]. При этом разработчик информирует о новых возможностях барокамеры РБК-1400 при работе в составе комплекса — вдвое по сравнению с указанной в РЭ [10], т.е. до четырех водолазов (двоих лежа или четверых сидя), увеличивается вместимость барокамеры. К сожалению, разработчик не раскрывает информацию о режимах лечебной рекомпрессии, обеспечиваемых в МКВК-60.

В этих разработках прослеживается четкая выраженная тенденция придания образцам гипербарической техники максимальной мобильности и автономности с целью обеспечения возможности оперативного приближения их непосредственно к месту проведения водолазных спусков и работ, что совпадает с требованиями Концепции сокращения времени до начала оказания специализированной помощи. Естественно, что эти важные качества обеспечиваются за счет комфорта пациентов и ограничения диапазона реализуемых режимов лечебной рекомпрессии.

Закономерными в этих обстоятельствах явились усилия наиболее активно работающих в этой сфере предприятий в поиске конструктивных решений в направлении расширения функциональных возможностей водолазных комплексов при сохранении качеств их мобильности. Основные характеристики наземных мобильных комплексов гипербарической медицинской помощи представлены в табл. 2.

Так, в 2012 году ООО «Дайвтехносервис» по государственному оборонному заказу Минобороны России изготовлен мобильный автономный барокомплекс\* с той же водолазной барокамерой РБК-1400, предназначенный для частей специального назначения ВМФ (МАБ) [11]. Комплекс выдержал межведомственные испытания (МВИ) [12], принят на снабжение приказом Министра обороны РФ от 26.04.2014 г., и к настоящему времени активно внедряется в соответствующие службы силовых структур.

МАБ предназначен для автономного и комплексного обеспечения водолазных спусков, выполняемых специальными подразделениями ВМФ при проведении поисковых и специальных подводно-технических работ, осуществляемых с целью выполнения специальных и учебных задач:

- в удаленных районах необорудованного морского побережья (с берега, с неспециализированных самоходных и несамоходных морских носителей при наличии на них достаточных для размещения комплекса свободных площадей);
- на внутренних водоемах (с берега, со льда и с плавсредств);
- с причальных стенок и портов.

Привлекает внимание уникальность заявленных функциональных возможностей МАБ, раскрываемых в разделе III приложения к указанному

\* Термин не соответствует ГОСТ Р 52119.

Таблица 2

Основные характеристики наземных мобильных комплексов гипербарической медицинской помощи

Наименование характеристики	Наименование комплекса, присвоенное разработчиком						
	2	3	4	5	6	7	
1						8	
Вид комплекса (по ГОСТ Р 52119)	Передвижной водолазный комплекс	Передвижной водолазный комплекс	Передвижной водолазный комплекс	Передвижной водолазный комплекс	Мобильный водолазный комплекс (2-контейнерный) МКВК-60****	Мобильный автономный барокомплекс МАБ	Барокомплекс «Спаситель»
Исполнение	Модульное в контейнерах	Модульное в контейнерах	В контейнере	В контейнере	Модульное в контейнерах	Модульное в контейнерах	Модульное в контейнерах а) в контейнерах б) стационарное в помещениях
Функциональные возможности:							
а) обеспечение водолазных спусков и работ на глубинах до 60 м	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Не предусмотрено
б) проведение декомпрессии, лечебной рекомпрессии, учебно-тренировочных спусков	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено	Предусмотрено
в) эвакуация больного в транспортировочной барокамере	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Предусмотрено
Состав	а) Мобильная водолазная станция МВС в кузове-контейнере на шасси автомобиля КАМАЗ б) Контейнерный водолазный комплекс КВК на шасси автомобильного прицепа	а) Мобильная водолазная станция МВС в кузове-контейнере на шасси автомобиля КАМАЗ б) Контейнерный водолазный комплекс КВК на шасси автомобильного прицепа	а) Контейнер 20-футовый типа IC б) Шасси автомобиля КАМАЗ 43118	а) Контейнер 20-футовый типа ИСС б) Шасси автомобильного прицепа СЗАП 8357	Модули: барокамеры; — обеспечения	Модули: барокамерный; — обеспечения; — технический	Модули: барокамерный; — агрегатный; — газобаллонный; — дизель-генератор Барокамера БВТ-С

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Используемая барокамера	РКУМу	РКУМу	БКД-120	БКД-120	РБК-1400	РБК-1400	КДВ-1600
Количество водолазов, которым одновременно могут быть проведены:	2	2	1	2	4 2**	6 6*** 2**	6
— декомпрессия;	1	1	1	2	2 1**	Количество не указано (5 суток****)	2 (до 9 суток)
— лечение декомпрессионной болезни по режимам ПВС;	—	2	2	2	2**	1** 2**	6
— гипербарическая оксигенация;	—	—	—	—	—	—	2
— лечение подогретыми КГС	—	—	—	—	—	—	—
Очистка газовой среды отсеков барокамеры:	Нет	Имеется	Имеется	Имеется	Имеется	Имеется	Имеется
— от диоксида углерода;	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Имеется
— от вредных веществ	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Имеется
Система вентиляции	Открытая	Открытая Замкнутая	Открытая Замкнутая	Открытая Замкнутая	Открытая Замкнутая	Открытая Замкнутая	Открытая Замкнутая
г) социально-бытовые факторы	—	Предполагается портативный биотуалет	Предусмотрен портативный биотуалет	Портативный биотуалет	Портативный биотуалет	—	Стационарная санитарно-фановая система. Умывальник.
Система медицинского контроля	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Аппаратура оперативного медицинского контроля

Примечание: \* Тетис-Про: [сайт]. URL: [www.tetis-group.ru](http://www.tetis-group.ru). \*\* РЭ барокамеры РБК-1400. \*\*\* Приложение к Приказу о принятии на снабжение. \*\*\*\* Дайвтехносервис: [сайт]. URL: <http://diveservice.ru>.



приказу (отмечено в табл. 2 тремя звездочками), которые заслуживают их более детального рассмотрения.

Исходя из высокого профессионального уровня, которым вне сомнения обладают разработчики МАБ, можно полагать редакционной небрежностью представление основных параметров и характеристик МАБ без взаимной корреляции, что и создает иллюзию сверхъестественных функциональных возможностей комплекса (не оговорены ограничения по числу пациентов и возможностям использования тех или иных из заявленных режимов лечебной рекомпрессии).

Тем более что в руководстве по эксплуатации барокамеры, прилагаемом в составе конструкторской документации МАБ, даны иные характеристики, гораздо более соответствующие действительности. Однако проблема заключается в том, что на снабжение ВС РФ мобильный барокомплекс принят, как указано в приказе, именно с теми характеристиками, которые указаны в приложении.

Что же вызывает сомнения в реализуемости декларируемых характеристик? В первую очередь, трудно воспринять возможность размещения в единственном отсеке и предкамере барокамеры РБК-1400 одновременно шести человек, как это демонстрируется разработчиком (см. рисунок), с соблюдением сколь-нибудь приемлемых условий обитаемости.



**Рисунок.** Размещение шести водолазов в отсеке барокамеры РБК-1400 для проведения экспериментальных водолазных спусков (<http://www.diveservice.ru/news/215>).

Можно согласиться, что шесть человек могут быть «утрамбованы» в барокамеру, как это и демонстрируется на фото, иллюстрирующим момент проведения МВИ МАБ, но это решение не может обеспечить возможность выполнения каких-либо осмысленных действий из перечня функционального назначения МАБ.

В то же время на официальном сайте разработчика утверждается, что при проведении МВИ «...была проверена работоспособность си-

стемы жизнеобеспечения барокамеры по «замкнутому» циклу при нахождении в барокамере 6 водолазов. Это испытание и барокамера, и система ЖО, и комплекс в целом также успешно выдержали» [12].

Такие «достижения» не способствуют формированию доверия к объективности результатов, полученных при проведении МВИ, либо имеет место искажение результатов МВИ с целью недобросовестной рекламы изделия, размещаемой разработчиком на своем сайте.

В действительности, при соблюдении требований, изложенных в РЭ барокамеры РБК-1400, речь может идти только о пребывании в барокамере одного человека с условием обязательной периодической вентиляции рабочего отсека, в том числе при использовании предусматриваемых кислородно-гелиевых режимов продолжительностью пять суток в автономном режиме. К сожалению, это так, несмотря на утверждения разработчика об уникальности созданной барокамеры РБК-1400, которая «...оборудована новейшим комплексом систем управления и жизнеобеспечения, не имеющих аналогов на Российском рынке, а именно — системой замкнутой вентиляции, состоящей из системы очистки воздуха от диоксида углерода и системы дозированной подачи кислорода» [3].

С одной стороны, вызывает большое сомнение отсутствие аналогов таких систем даже на российском рынке, с другой стороны, эти системы бесспорно необходимы, но недостаточны для обеспечения работы водолазных барокамер во всем диапазоне их функционального назначения. Эти положения являются базовыми и общеизвестными. Например, в ГОСТ Р 52264-2004 «Барокамеры водолазные. Общие технические условия» изложены требования к очистке газовой среды не только от диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), но и от вредных веществ. Там же приведены предельно допустимые концентрации вредных веществ в газовой среде — оксида углерода, аммиака, ацетона, предельных углеводородов, органических веществ (в основном углеводородов), сероводорода и оксидов азота.

Известно, что возможность дыхания в замкнутом объеме ограничивают не только накопление углекислого газа и израсходование кислорода. Человек выделяет в окружающий воздух десятки летучих продуктов обмена веществ (см. ГОСТ Р 50804) [13]. Среднесуточные нормы выделения человеком газообразных вредных микропримесей приведены в табл. 3.



Таблица 3

**Среднесуточные нормы выделения человеком газообразных вредных микропримесей и классы опасности**

Метаболические вещества	Класс опасности*	Среднесуточное выделение, мг/сут**
Аммиак и аминсоединения	IV	6,0±0,6
Оксид углерода	IV	113,0±16,6
Углеводороды (по СН <sub>4</sub> )		15,3±0,8
Жирные кислоты (уксусная кислота)	III	6,3±0,7
Альдегиды		1,4±0,1
Кетоны (ацетон)	IV	5,7±3,4
Ацетальдегид	III	0,8±0,1
Метанол	III	1,52±0,7
Этанол	IV	8,45±4,0
Метилэтилкетон		0,96±0,16
Диметиламин		0,8±0,1

Примечание: \* Класс опасности — по ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация вредных веществ и общие требования безопасности». \*\* Нормы приведены для комфортных микроклиматических условий и кислородно-азотной атмосферы с  $P_{общ} = 760-788$  мм рт.ст.

Расчетное время достижения ПДК некоторых вредных веществ при нахождении одного человека в одноотсечных барокамерах при работе системы вентиляции в замкнутом цикле приведено в табл. 4. Особо следует отметить, что при повышенной температуре газовой среды (что характерно для гипербарических сред, особенно гелийсодержащих) антропогенное выделение вредных веществ значительно повышается.

сей газовая среда должна заменяться на свежую из расчета 3–5 м<sup>3</sup>/ч на одного человека. Такую систему нельзя признать замкнутой со всеми вытекающими последствиями, например при решении проблем автономной работы комплекса с минимизацией запаса газов.

Следовательно, при декларировании возможностей работы системы вентиляции конкретных барокамер по замкнутому контуру без очи-

Таблица 4

**Расчетное время достижения ПДК некоторых вредных веществ в газовой среде жилых отсеков барокамер, не имеющих средств очистки от этих веществ, вентилируемых по замкнутому циклу, при пребывании в них одного человека**

Наименование вредных веществ	Класс опасности*	ПДК, мг/м <sup>3</sup> **	Средне-суточное выделение, мг/сут	Время достижения ПДК (часы) в зависимости от объема барокамеры, м <sup>3</sup>				
				2	3	7	13,5	22,3
Оксид углерода	IV	5,0	113,0±16,6	2,1	3,2	8,0	14,4	23,7
Аммиак	IV	0,8	6,0±0,6	6,4	9,6	22,4	43,2	71,4
Ацетон	IV	5,0	5,7±3,4	42,1	63,2	147,4	284,2	469,5
Углеводороды	—	35,0	15,3±0,8	109,8	164,7	384,3	741,2	1224,3

Примечание: \* Класс опасности — по ГОСТ 12.1.007-76 «Классификация вредных веществ и общие требования безопасности». \*\* ПДК — по ГОСТ Р 52264-2004 «Барокамеры водолазные. Общие технические условия».

В связи с этим в ГОСТ Р 52264-2004 установлены требования, по которым должна обеспечиваться очистка газовой среды в отсеках барокамеры как от диоксида углерода с объемным расходом газовой среды через средства очистки 10–15 м<sup>3</sup>/ч, так и очистки от вредных веществ с расходом через средства очистки 3–5 м<sup>3</sup>/ч на одного человека при давлении от 0 до 5,0 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>) [14].

Иными словами, в замкнутом контуре вентиляции без средств очистки от вредных приме-

сток от вредных примесей необходимо нормировать допустимую продолжительность пребывания в ней человека без риска нанесения ущерба здоровью. Очевидно, что выполнение этого требования при использовании замкнутого контура вентиляции существенно ограничит диапазон возможных лечебных режимов, допустимых для реализации в барокамерах РКУМу, РБК-1400, БКД-120, ПДК-2у, не имеющих устройств очистки от вредных примесей.

Также вызывают определенную настороженность заявляемая разработчиками барокомплексов (см. табл. 2) возможность размещения в неотсечных барокамерах портативных биотуалетов (можно полагать — химических, так как другие типы недопустимы для замкнутых объектов). В химических же туалетах используются высокоактивные химические реагенты. К сожалению, не удалось обнаружить в доступных информационных материалах результатов исследований, подтверждающих безвредность применения портативных туалетов в условиях барокамер.

## **II. Перспективные направления разработок технических средств гипербарической медицинской помощи в системе медицинского обеспечения спасательных и водолазных работ**

Известны адекватные и эффективные системные решения, предложенные более десяти лет в ГНЦ РФ ИМБП РАН, которые оказались практически полностью отраженными в Концепции, и которые могут рассматриваться как перспективные направления совершенствования системы медицинского обеспечения спасательных и водолазных работ и разработок соответствующих технических средств.

В настоящее время эти решения (в части касающейся) реализуются силами ЗАО «СКБ ЭО при ИМБП РАН», как разработчика и изготовителя технических средств, на основе системного подхода к созданию и внедрению отечественных инновационных технологий и комплексов технических средств, обеспечивающих возможности реализации 3-этапной системы оказания помощи:

а) оказания адекватной помощи пострадавшему с ДБ на месте спуска (в том числе проведением лечебной рекомпрессии в находящейся на месте спуска барокамере, ГБО или рекомпрессии в воде);

б) безопасного транспортирования пострадавших с ДБ в транспортировочной барокамере к дежурной барокамере или региональному барокомплексу;

в) оказания квалифицированной и специализированной помощи в барокомплексах лечебных учреждений, в том числе отсроченного от 2 и более суток лечения ДБ с применением метода длительного пребывания под повышенным давлением.

Одним из основных направлений в создании технических средств для оказания квалифицированной и специализированной помощи, реализуемым в текущий период и предлагаемым

на перспективу является разработка устройств и систем для расширения возможностей барокамер типа ПДК-2У (ПДК-3) по оказанию специализированной медицинской помощи при специфических водолазных заболеваниях (в том числе — методами ДП).

Достигается оснащением барокамер системами жизнеобеспечения, имеющими высокую степень надежности, обеспечиваемую дублированием важнейших систем (обеспечения кислородом, удаления диоксида углерода), а также оборудованием системами кондиционирования, медицинского контроля состояния пациента, санитарно-фановой системой, системой контроля газовой среды.

Впервые барокомплексы оснащаются системой дыхания подогретыми КГС, что обеспечивает одновременное лечение декомпрессионной болезни, сочетанной с переохлаждением.

В результате расширяются функциональные возможности барокамеры: обеспечивается возможность лечения методами ДП, методами оксигенотерапии, а также лечения соматических больных по ряду показаний.

Другим направлением является создание барокамер (комплексов) нового поколения с современными системами жизнеобеспечения.

В результате проведения цикла научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, практической апробации изготавливаемых опытных образцов, к настоящему времени созданы средства для каждого из этапов предлагаемой системы оказания помощи, базовым элементом которой является комплекс, которому присвоено наименование «Барокомплекс „Спаситель”».

Необходимо дополнительно акцентировать внимание на следующих, помимо присущих всем барокомплексам, актуальных возможностях комплекса «Спаситель»:

а) одновременное лечение двух (в экстремальных случаях до четырех) пациентов из числа подводников, водолазов, экипажей и пассажиров воздушных судов с декомпрессионной болезнью, включая тяжелые формы, продолжительностью до 9 суток, в том числе отсроченное на 2–3 суток и более после развития заболевания;

б) оказание эффективной помощи пострадавшим с тяжелыми формами общей гипотермии, в том числе осложненной кровопотерей;

в) проведение реанимационных мероприятий при тяжелых отравлениях оксидом углерода, выхлопными газами и другими токсичными веществами (продукты горения), а также при

отравлениях алкогольсодержащими, ядовитыми техническими жидкостями и наркотическими веществами (до 6 человек одновременно);

г) наличие в составе барокомплекса складной транспортировочной барокамеры БВТ-С с автономной системой жизнеобеспечения, в которой возможно транспортирование пострадавшего всеми видами транспорта, в том числе авиационного, что способствует решению одной из задач третьего этапа Концепции — создание аэромобильной системы спасания.

Принципиальные положения направления совершенствования технических средств для упомянутой 3-этапной системы оказания гипербарической медицинской помощи находят реализацию также и в последних разработках наших коллег, работающих в обсуждаемом направлении.

Так, созданная ОАО «Тетис» барокамера БКД-120, используемая в контейнерных водолазных барокомплексах, предусматривает возможность соединения с транспортировочной барокамерой и перемещения в нее больного для доставки в барокомплексы лечебных учреждений.

Однако в настоящее время это может быть реализовано только при использовании транспортировочных барокамер типа Hytech D.A.R.T. (Нидерланды), отсутствующих на снабжении силовых структур РФ, что разрывает структуру системы и сводит на нет одно из важнейших достоинств барокамеры БКД-120.

Но и в случае их массовой закупки для оснащения комплексов, в которых предусматривается использование барокамеры БКД-120, остаются нерешенными вопросы тактико-технического использования транспортировочной барокамеры типа Hytech D.A.R.T., обусловленные конструктивными особенностями и исполнением мобильных комплексов. Потребуется средства для проведения такелажных работ, средства транспортирования барокамеры.

Конечно, при этом выполняются установки Концепции на взаимодействие с соответствующими средствами НАТО, что маловероятно в современной политической обстановке.

Принятие решений на разработку гипербарических технических средств для применения их на конкретных этапах системы оказания помощи должно осуществляться с всесторонним учетом критериев военно-экономической эффективности и критерия «эффективность — стоимость», что крайне важно для сложившихся военно-политических, военно-стратегических и военно-экономических реалий.

## Выводы.

1. Сопоставление созданных в последнее десятилетие большинство отечественных барокомплексов, предназначенных для обеспечения водолазных работ и проведения лечебной рекомпрессии, свидетельствует об утрате системного подхода в решении проблем медицинского обеспечения спасательных и водолазных работ. Разработки подчинены удовлетворению спонтанно возникающих потребностей в гипербарических средствах, исходя из возможности их финансирования в том или ином ведомстве, многократно дублируются, тиражируя неудачные технические решения.

2. Вызывает сомнение обоснованность стремления обеспечить мобильность и автономность водолазных комплексов и одновременно придать им возможности проведения лечебной рекомпрессии в максимально широком диапазоне режимов. В результате снижаются качества мобильности комплексов (водолазный комплекс в одном кузове-контейнере разрастается до водолазного комплекса в двух-трех 20-футовых контейнерах без революционного наращивания функциональных возможностей). При этом создаются проблемы выполнения функций дежурной барокамеры, возлагаемых на единственную одноотсечную одноместную барокамеру, которая по замыслу разработчиков анализируемых комплексов должна обеспечивать работу водолазов и проведение при этом лечебной рекомпрессии с продолжительностью до 5 суток.

3. Все созданные и находящиеся в эксплуатации отечественные барокамеры, используемые для обеспечения водолазных работ и проведения лечебной рекомпрессии (за исключением барокомплекса «Спаситель»), не могут обеспечить безопасного применения лечебных режимов (кроме кислородных) при работе системы вентиляции по замкнутому циклу из-за накопления в отсеке барокамеры вредных примесей, выделяемых человеком.

4. Безопасность применения существующих барокамер может быть обеспечена использованием лечебных режимов с минимальной продолжительностью времени лечения: режимов ГБО и кислородно-воздушных режимов, в том числе и зарубежных. При этом использование кислородно-азотно-гелиевых смесей крайне затрудняется технико-экономическими факторами.

5. Для выполнения требования Концепции по созданию в кратчайшие сроки (с завершением в 2015 году) системы гипербарической

медицинской помощи водолазам, пострадавшим от вредных производственных факторов повышенного давления, экипажам воздушных судов, потерпевшим бедствие, необходима консолидация усилий всех заинтересованных ведомств и сторон по отбору из существующих

технических средств наиболее полно соответствующих целям создания единой полноценной системы спасения с унификацией технического оснащения и технологии, а также разработке на этой основе новых образцов, необходимых для ее эффективного функционирования.

### Литература

1. ГОСТ Р 52119–2003. Техника водолазная. Термины и определения.
2. ФГУП «28 Военный завод»: [сайт]. URL: <http://skat28vz.ru/>.
3. ДАЙВТЕХНОСЕРВИС: [сайт]. URL: <http://www.diveservice.ru/news/161>.
4. ТЕТИС-ПРО: [сайт]. URL: <http://www.tetis-pro.ru/article/bkd-120t-novaya-barokamera-ot-tetis-pro/>.
5. Барокамера водолазная КДВ-1600. Технические условия ИЖЕР.061621.009 ТУ.
6. ТЕТИС-ПРО: [сайт]. URL: <http://www.tetis-pro.ru/catalog/412/455/455/>.
7. ТЕТИС-ПРО: [сайт]. URL: <http://www.tetis-pro.ru/catalog/412/454/>.
8. ТЕТИС-ПРО: [сайт]. URL: <http://www.tetis-pro.ru/catalog/konteynerye-vodolaznye-kompleksy>.
9. ДАЙВТЕХНОСЕРВИС: [сайт]. URL: <http://diveservice.ru/product/156>.
10. Барокамера водолазная РБК–1400. Руководство по эксплуатации ШУИД.361163.СпН.РБК-1400.000 РЭ.
11. ДАЙВТЕХНОСЕРВИС: [сайт]. URL: <http://diveservice.ru/product/157>.
12. ДАЙВТЕХНОСЕРВИС: [сайт]. URL: <http://www.diveservice.ru/news/215>.
13. ГОСТ Р 50804-95 «Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования».
14. ГОСТ Р 52264-2004 «Барокамеры водолазные. Общие технические условия».
15. Барокомплекс «Спаситель». Руководство по эксплуатации ЮЕУЮ.БНП. 01.00.00.00.00 РЭ.
16. Барокомплекс «Спаситель». Технические условия ЮЕУЮ.БНП. 01.00.00.00.00ТУ.

Дата поступления: 11.03.2015 г.