

# HUMAN EXPLORATION OF EXTREME ENVIRONMENT

**Boris I. KRYUCHKOV,**

*Dr. Sci. (Tech), chief research scientist, State Organization «Gagarin Research-Test Cosmonaut Training Center», Star City, Moscow Oblast, Russia,  
[B.Kryuchkov@gctc.ru](mailto:B.Kryuchkov@gctc.ru)*

**Vitaly M. USOV,**

*Dr. Sci. (Medicine), Professor, State Organization «Gagarin Research-Test Cosmonaut Training Center», Star City, Moscow Oblast, Russia,  
[V.Usov@gctc.ru](mailto:V.Usov@gctc.ru)*

**ABSTRACT |** From time immemorial human beings seek environmental exploration including those of its segments which are regarded as unfavourable for survival with relation to its natural features. During centuries underwater and stratospheric exploration has been implemented with the help of technical means of life-support in extreme environment. By the early XXI century means for human organism protection against unfavourable factors improved phenomenally, and human space exploration has become possible as a result. Common logic in artificial environment creation for a human as well as common principles in reliable equipment design can be evidenced throughout all this period. These principles are based on interbranch technologies adoption, implying consistency of design methods, materials selection, means to provide for long-term lifetime of a human in inhabited objects.

**Keywords:** *extreme environment, aerospace sphere, stratosphere, space environment, underwater environment, lifetime technologies and systems*

# ОСВОЕНИЕ ЧЕЛОВЕКОМ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ



**Борис Иванович КРЮЧКОВ,**

*доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», Звездный Городок, Московская область, Россия, [B.Kryuchkov@gctc.ru](mailto:B.Kryuchkov@gctc.ru)*



**Виталий Михайлович УСОВ,**

*доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУ «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», Звездный Городок, Московская область, Россия, [V.Usov@gctc.ru](mailto:V.Usov@gctc.ru)*

---

**АННОТАЦИЯ** | С незапамятных времен человек стремится к освоению окружающей среды, включая те ее сегменты, которые по своим природным характеристикам крайне неблагоприятны для выживания. Освоение подводных глубин и стратосферы осуществляется на протяжении многих веков с помощью технических средств обеспечения жизнедеятельности в экстремальной среде. К началу XX века средства, защищающие организм человека от действия неблагоприятных факторов, достигли высочайшего уровня развития, что стало прологом к пилотируемым полетам в космос. На протяжении всего этого пути прослеживаются единая логика создания искусственного окружения человека и общие принципы построения надежной техники, основанные на межотраслевом заимствовании технологий, преемственности методов конструирования, выбора материалов, способов обеспечения длительного пребывания человека в обитаемых объектах.

**Ключевые слова:** *экстремальная среда обитания, воздушно-космическая сфера, стратосфера, космическое пространство, подводная сфера, технологии и системы жизнеобеспечения*

## ОТ ПОДВОДНЫХ ГЛУБИН ДО ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОЙ СФЕРЫ

Вода – в отличие от воздушно-наземной сферы – не является средой обитания человека, поскольку не имеет свободного кислорода для внешнего дыхания. Тем не менее начало деятельности людей по освоению экстремальной среды обитания было связано именно с подводными глубинами. Различные индивидуальные примитивные устройства для дыхания под водой были известны более трех тысячелетий назад [1]. Однако время пребывания в них не превышало нескольких десятков секунд. Существенным шагом вперед стало изобретение подводного колокола [2]. Воздуха в таких устройствах, в зависимости от типа конструкции, хватало одному человеку от десятков минут до одного часа. Только в первой трети XVIII века был преодолен порог часового пребывания под водой за счет создания и применения надводных и подводных средств для дыхания. Появились первые модели подводных лодок и прототипы водолазных скафандров (рис. 1) [2, 3].

В течение следующих трех столетий успехи создания средств освоения подводного пространства были настолько велики, что человек перешел от этапа его освоения к этапу полномасштабного использования в различных целях [2, 4]. Значительно расширился состав средств жизнеобеспечения, гарантирующих длительное автономное пребывание под водой в специальных изолированных аппаратах. Был создан целый арсенал устройств, систем и технологий, которые нашли применение в других экстремальных средах. В их числе герметичные корпуса отсеков, средства регенерации воздуха и вентиляции отсеков, очистки и электролиза воды, шлюзования, контроля параметров атмосферы, стеклянные купола для наблюдений, иллюминаторы, гермоводы, системы освещения, индивидуальные дыхательные аппараты и индивидуальные средства защиты органов дыхания.

Подводные колокола стали широко применяться для поисковых и спасательных операций, колокола-кессоны – для подводного строительства мостов через реки и портовых сооружений. Появился мощный подводный флот [5]. Невиданные успехи были достигнуты в создании глубоководных исследовательских аппаратов (рис. 2) [1, 4].

В конце XVIII века человек начал использовать различные аппараты для полетов в атмосфере. Первыми из них стали монгольфьеры П. де Розье (рис. 3). На них люди сумели достичь четырехкилометровой высоты. В 1852 году появился первый управляемый аэростат, который называли дирижаблем Жиффара. Изобретение А. Жиффара от-

крыло дорогу к созданию транспортных и военных дирижаблей [6].

В 1900 году немцы А. Берсон и Р. Зюринг на аэростате «Пруссия» с открытой гондолой достигли нижней границы стратосферы (около 10 500 м). В 1927 году американец Х. Грей закрепил этот успех, достигнув высоты 12 945 м. Со времени первого полета П. де Розье прошло почти 150 лет.

Впервые в мире в герметичной гондоле аэростата в стратосферу полетел О. Пикар в 1931 году (рис. 3). Вместе с З. Кипфером он поднялся на высоту 15 781 м.

Ошеломляющее впечатление произвел полет в 1933 году стратостата «СССР-1», сконструированного В. А. Чижевским. Его экипаж в составе Г. А. Прокофьева, К. Д. Годунова и Э. К. Бирнбаума достиг высоты 19 000 м.

С полным правом рассматриваемые полтора столетия полетов можно назвать эпохой первопроходцев в воздухоплавании. К сожалению, полеты в стратосферу не всегда были успешными. Зачастую они сопровождались неудачами, в том числе авариями и катастрофами [6, 7, 8].

За стратосферными полетами внимательно следили К. Э. Циолковский, С. П. Королёв и другие исследователи и создатели ракетно-космической техники, поскольку такие испытания повышали интерес к заатмосферным полетам, хотя и на летательных аппаратах (ЛА) других типов.

На аэростатах широко использовались уже имеющиеся образцы приборного оборудования, которое соответствующим образом дорабатывалось с учетом условий полетов (барометры, барографы, термометры, компасы, бинокли и др.). Целый ряд образцов аппаратуры, испытанной на стратостатах, например безынерционные термометры и гигрометры, использовался впоследствии в ракетной технике (Ю. О. Дружинин, Д. А. Соболев).

XX век стал золотым веком авиации и веком прорыва человека в космос. Произошел впечатляющий прогресс в создании технических средств, необходимых для обеспечения массовых полетов людей на гражданских самолетах, выполнения рекордных полетов (Р. Уайт, 1962, А. Федотов, 1977, У. Бинни, 2004, А. Юстас, 2014 и др.), создания мощной военной авиации (рис. 4). Воздухоплавательные и авиационные ЛА обеспечили полеты человека во всем спектре высот – от Земли до линии Кармана (условная граница между атмосферой Земли и космосом на высоте 100 км над уровнем моря) [9].

Значительная часть средств и технологий производства необходимого оборудования были взяты из предыдущего опыта обеспечения подводных работ и атмосферных полетов (А. Берсон, 1901, О. Пикар, 1931, Х. Юнкерс, 1931, О. Бартон, 1935 и др.).



**Рис. 1.**  
**НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ОСВОЕНИЯ ПОДВОДНОЙ СФЕРЫ**

- Обозначения:
- 1.1. Первый подводный колокол Г. де Лорена (1531 г.,  $t = 1$  час)
  - 1.2. Цилиндр Дж. Летбриджа (1715 г.)
  - 1.3. Подводная лодка К. ван Дреббеля (1610-1620 гг.)
  - 1.4. Водолазный костюм П. Р. де Бова (1715 г.)



**Рис. 2.**  
**ОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ (XX-XXI вв.)**

- Обозначения:
- 2.1. Батисфера Дж. Батлера (1930 г.)
  - 2.2. Батискаф О. Пикара (1957 г.)
  - 2.3. Станция НАСА «Аквариус» (2001 г.)
  - 2.4. Аппарат «Наутил» (1984 г.)



К ним можно отнести, например, технологии создания и образцы следующего оборудования:

- гермокабины для военных самолетов и коммерческой авиации;
- высотное оборудование и индивидуальное снаряжение экипажей (высотные скафандры, кислородные маски, средства связи и др.);
- скафандры для рекордных прыжков из стратосферы;
- иллюминаторы, выдерживающие большое избыточное давление;
- средства спасения и выживания в случае аварии ЛА или его нештатной посадки;
- средства комфортного пребывания человека на борту ЛА.

## ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОСВОЕНИИ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СРЕДЫ

На рубеже XX века обозначилось такое явление, как трансфер технологий и технических средств из одной сферы в другую (рис. 5).

Наглядным результатом могут служить средства обеспечения газового состава атмосферы в обитаемых объектах. Используемые для этого регенераторы атмосферы появились на подводных лодках еще до Второй мировой войны. С 1961 года подобные устройства стали применяться на пилотируемых космических аппаратах «Восток», «Восход», «Союз», «Салют». При этом во всех случаях в основе их создания лежали технологии использования одного и того же кислородосодержащего продукта – надперекиси калия.

Достаточно наглядно межотраслевые связи прослеживаются при создании технических средств освоения различных сфер экстремальной среды на фирмах и предприятиях, комплексно занимающихся производством СЖО и аварийно-спасательного оборудования.

Так, немецкая фирма «Дрегер» с 1889 года по настоящее время создает подобные системы для подводных работ, авиации, опасных наземных производств (рис. 6).

Преимственность технологий при этом обеспечивается «автоматически» за счет взаимного использования конструкторских разработок, элементной базы, инструментария, оснастки, материалов и общей культуры производства.

Анализ отечественной экспериментальной базы для отработки СЖО ПКА показывает, что значительная часть ведущих предприятий этой сферы создавалась на основе авиационных производств, появившихся в нашей стране еще в 20–30 годы XX века. При этом на многих

из них авиационная и космическая тематики существовали параллельно. В результате за счет заимствования опыта авиации обеспечивалось снижение затрат и сокращение сроков создания оборудования для ПКА, улучшение его эксплуатационных характеристик.

Конструктивные особенности объектов для обитания человека в различных экстремальных средах также дают представление о наличии определенных технологических связей между ними и об общей логике их создания. Так, сферические конструкции при разработке подводных аппаратов использовались еще с конца XVIII века (рис. 7). Начиная с 30-х годов XX столетия они находят применение при разработке батисфер и батискафов (батискаф У. Биба и О. Бартона, 1930, подводные аппараты «Шелф драйвер», 1968, «Наутил», 1984 и др.). На аппарате с обитаемым отсеком сферической формы Дж. Кэмерон в 2012 году достиг дна Марианской впадины.

Сферические герметичные конструкции использовались при создании азростатов в начале 40-х годов XX века в нашей стране и за рубежом. С 1957 года они нашли место в беспилотной и пилотируемой космонавтике (первый спутник, корабли серии «Восток», «Восход», «Союз»).

Судя по некоторым проектам, у них есть будущее и на Луне, и на Марсе [10, 11].

Обращает на себя внимание и схожесть функциональных зон во внутренней конструкции обитаемых объектов, используемых под водой, в атмосфере, в космосе: посты управления движением объектов и бортовыми системами, служебные и научные отсеки, зоны размещения экипажей и пассажиров. Многие типовые элементы конструкции подводных аппаратов и авиационной техники стали прототипами космических объектов, например кварцевые иллюминаторы, герметичные люки, различные гермо- и электровводы, магистрали трубопроводов, теплообменные аппараты и др.

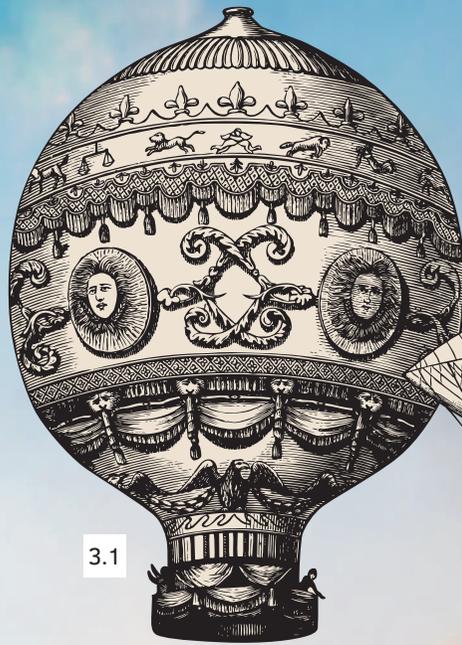
Ярким примером последовательного заимствования технологий в морском флоте, авиации и космонавтике является история развития вентиляционных скафандров. От создания первого прообраза подводного скафандра Леонардо да Винчи до космического скафандра прошло 479 лет (1480–1959 гг.). От водолазного до авиационного (1480–1931 гг.) – 451 год, от авиационного до космического (1931–1959 гг.) – лишь 28 лет.

На рис. 8 представлена картина эволюционного развития вентиляционных скафандров, используемых человеком в различных агрессивных средах. Можно проследить связи и прогресс технологий водолазных, авиационных и космических скафандров как среди каждого вида (слева направо), так и от вида к виду (снизу вверх).

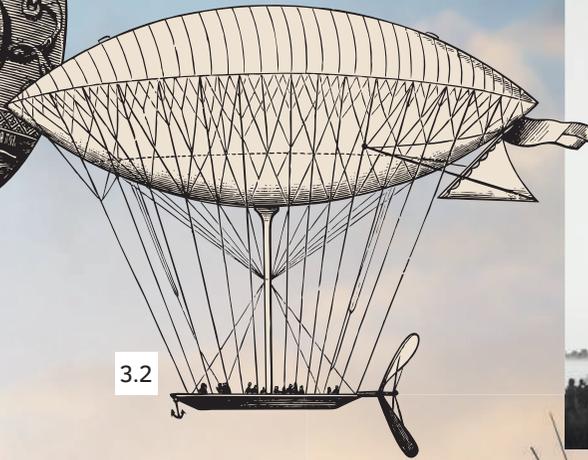
### РИС. 3. ПОЛЕТЫ НА АЭРОСТАТАХ И ДИРИЖАБЛЯХ

Обозначения:

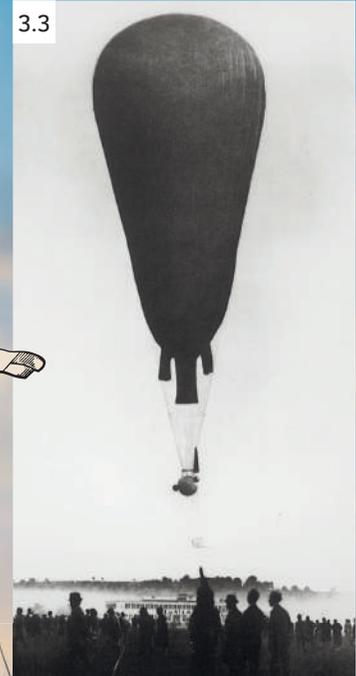
- 3.1. Монгольфьер (1783 г.)
- 3.2. Дирижабль А. Жиффара (1852 г.)
- 3.3. Аэростат О. Пикара (1931 г.)



3.1



3.2

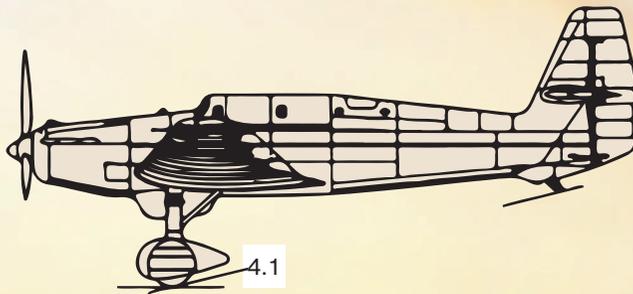


3.3

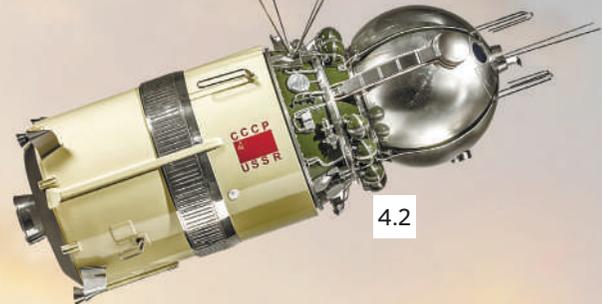
### РИС. 4. НЕКОТОРЫЕ ТИПЫ ЛА С УНИКАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ (СЖО)

Обозначения:

- 4.1. Самолет БОК-1 (1936 г.)
- 4.2. Первый в мире ПКА «Восток» (1961 г.)
- 4.3. «Боинг-747» (1969 г.)
- 4.4. Шарльер и скафандр А. Юстаса (2014 г.)



4.1



4.2



4.3



4.4

Первое техническое предложение о создании высотного скафандра принадлежит французу А. Андриё (1900 г.), а первый патент на авиационный скафандр был получен американцем Ф. Сэмплом [3, 8]. Несмотря на эти разработки, а также большое число созданных к началу века водолазных скафандров [1], реально первые высотные скафандры появились только в конце первой четверти XX века. Первый отечественный авиационный скафандр «Ч1» был сконструирован Е. Е. Чертовским (1931 г.). По сути, он явился защитным герметичным костюмом с неполной СЖО. В 1934 году американец В. Пост впервые в мире в скафандре на моноплане Локхид «Вега» достиг высоты 15 240 м. С этих пор авиационные скафандры начали создаваться ускоренными темпами, поскольку появилась реальная возможность покорения больших высот, в том числе и в военных целях. В СССР удачные конструкции скафандров были разработаны в ЦАГИ А. Бойко и А. Хромушкиным. Для улучшения подвижности летчика стали использоваться шарниры и пониженное давление в подскафандровом пространстве. Скафандры имели двухслойную оболочку из прорезиненной ткани и разъем в поясной части. Все эти технологии впоследствии были реализованы в космических скафандрах.

Первые космические скафандры для ПКА «Восток», «Меркурий» были фактически соответствующими доработанными высотными авиационными скафандрами.

Преимственность технологий в разработке отечественных скафандров достаточно убедительно показана авторами [12]. Использование элементов оболочек и СЖО отчетливо прослеживается для всех типов космических скафандров, разрабатываемых на предприятии «Звезда» – спасательных (СК-1, «Беркут», «Сокол», «Стриж»), скафандров для работы в открытом космосе («Ястреб», «Орлан-Лз», «Орлан-Д», «Орлан-М», «Орлан-МК», «Орлан-МКС»), лунных («Орел», «Кречет»). Аналогичные подходы были реализованы и при создании зарубежных скафандров [3, 13].

Перечислим основные технологии жизнеобеспечения, заимствованные из подводного флота, авиации, модернизированные в необходимой степени и используемые на ПКА:

- изготовление и эксплуатация герметичных кабин;
- создание скафандров вентиляционного и регенерационного типов;
- очистка воздуха герметичных отсеков (от вредных примесей с помощью гопкалита, активированного угля, твердых надперекисных соединений, селикагеля);
- осушка воздуха;

- поддержание (регулирование) общего давления;
- создание испарительных систем охлаждения и теплообменных устройств;
- создание воздухопроводов и систем вентиляции воздуха в обитаемых зонах;
- создание элементов высотного оборудования (клапанов, регуляторов давления и подачи воздуха, датчиков, запорных кранов и др.);
- создание средств борьбы с пожаром и индивидуальных дыхательных аппаратов;
- создание аппаратуры контроля параметров атмосферы;
- электролиз воды;
- получение кислорода при разложении хлоратов;
- разработка средств спасения и выживания в различных климатогеографических зонах;
- управление СЖО.

На рис. 9 показаны основные факторы, определяющие трансфер технологий в различные сферы экстремальной среды обитания человека. Эти факторы являются общими для всех этапов освоения подводной и воздушно-космической сферы. Их относительная роль на разных исторических этапах была различной, поскольку определялась прогрессом развития науки и техники, а также запросами на решение конкретных производственных задач.

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЖО В КОСМОНАВТИКЕ

Системы жизнеобеспечения ПКА прошли собственный путь эволюционного развития от простых устройств на запасах расходных компонентов до сложнейших регенерационных комплексов. В период с апреля 1961 года по январь 1975 года на отечественных и зарубежных ПКА использовались только СЖО на запасах. Впервые экспериментальная отработка в космическом полете регенерационных систем, построенных на физико-химических принципах, была осуществлена экипажем А. А. Губарева и Г. М. Гречко на орбитальной станции «Салют-4».

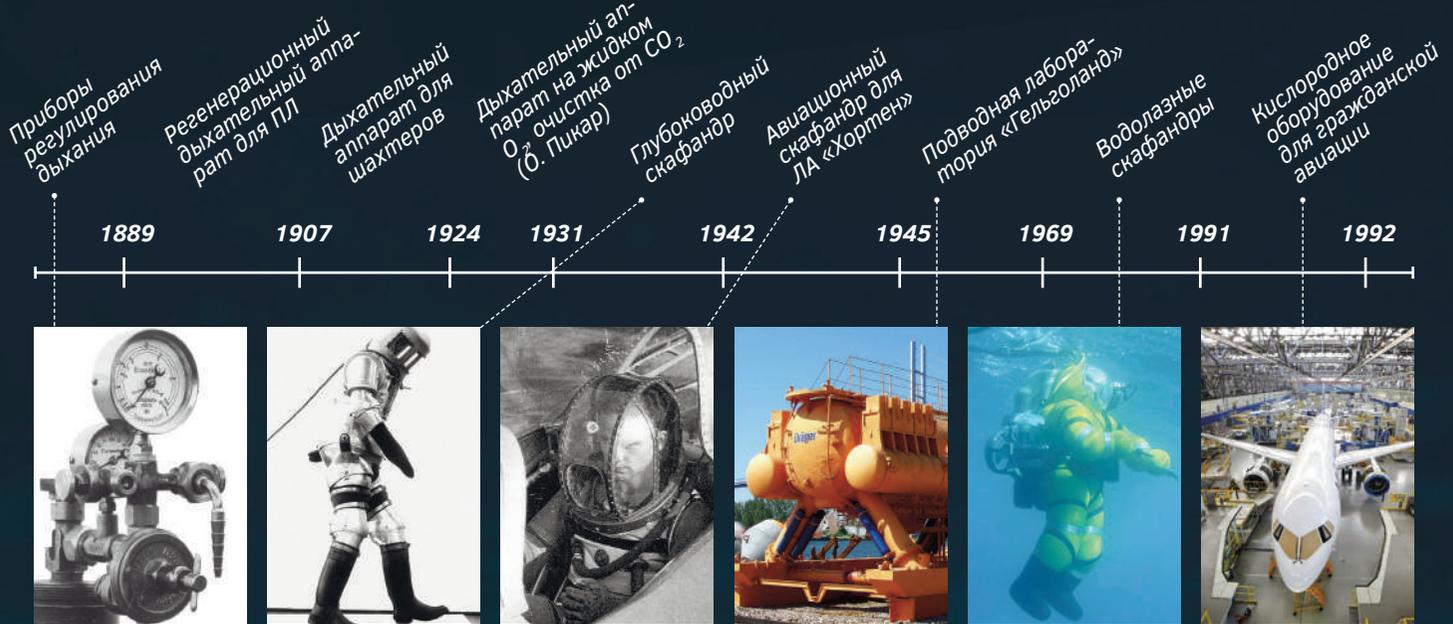
Первой такой системой стала система регенерации воды из конденсата атмосферной влаги (СРВ-К), созданная НИИХиммаш. Впервые были решены задачи разделения в невесомости водо-воздушной смеси, очистки воды от примесей и доведения ее до питьевой кондиции. Этот же экипаж, используя питьевую воду из СРВ-К, впервые провел апробацию сублимированных продуктов питания [14].

РИС. 5.

ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В ОБЛАСТИ ПОСТРОЕНИЯ СЖО И ЗАЩИТНОГО СНАРЯЖЕНИЯ (некоторые примеры)



РИС. 6. ОБЛАСТИ РАБОТ ФИРМЫ «ДРЕГЕР»



На ОКС «Мир» в период с 16 марта 1986 года по 28 сентября 1999 года были проведены первые летные испытания и других регенерационных систем – регенерации санитарно-гигиенической воды (СРВ-СГ) и урины (СРВ-У). Экономия массы доставок по воде при этом составила 22,65 т.

Кроме того, был получен уникальный опыт, который позволил приступить к созданию более совершенных регенерационных СЖО, имеющих большие перспективы и для полетов за пределы земных орбит. Реактор Сабатье для переработки углекислого газа был впервые использован на американском сегменте МКС, хотя наземный аналог этой системы был разработан в НИИХиммаш за много лет до этого. Электролизеры, позволяющие получать кислород из воды, успешно применялись на ОКС «Мир» и МКС [14]. При этом используются различные электрохимические технологии: в российской системе «Электрон» применяется щелочной электролит, в американской – твердый, на основе ионообменных мембран.

Достаточно хорошо отработанные в космосе СЖО на запасах станут востребованы и в перспективных ПКА, поскольку имеют свою нишу эффективного применения при краткосрочных (до 1 месяца) пилотируемых полетах. Основными задачами совершенствования физико-химических СЖО в ближайшие годы будут создание единого регенерационного комплекса с высокой степенью замкнутости по воде и газу, включение в структуру регенерационных СЖО витаминных оранжерей, разработка технологий, минимизирующих энергопотребление систем и их массу на единицу вырабатываемого продукта, а также трудозатраты экипажа на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

Применение на ПКА физико-химических СЖО стало одним из важнейших достижений современной науки и техники. Однако подобные системы обладают одним серьезным неустраняемым недостатком – они не позволяют осуществлять синтез пищевых продуктов. Решение данной проблемы возможно только за счет использования биотехнических СЖО [15].

Средства и системы жизнеобеспечения экипажей ПКА, обеспечивающие безопасное длительное пребывание человека в экстремальной среде космоса, прошли несколько этапов эволюционного развития (рис. 10). Первый этап (1961–1974 гг.) связан с разработкой и применением систем, основанных только на запасах расходующихся компонентов. Второй этап характеризовался наличием в их составе отдельных регенерационных звеньев (1974–1986 гг.). На орбитальной станции «Мир» доля таких звеньев была настолько значительна, что стало возможным говорить о сме-

шанном комплексе СЖО (с 1986 года по настоящее время). Следующим этапом будет переход к биотехническим СЖО с физико-химическими звеньями.

## ОБИТАЕМЫЕ ОБЪЕМЫ

Успехи в создании комфортных обитаемых объемов в объектах для проведения подводных работ в XIX веке привели к использованию достигнутых результатов в воздухоплавании, авиации, космонавтике.

Так, первые подводные колокола имели обитаемое пространство не более трех куб. м. Свободный объем первых герметичных подводных лодок достигал уже 14–17 куб. м. Первая подводная лодка из железа была построена французом Дени Папином в 1695 году. Это событие стало знаковым, поскольку именно с него началось создание обитаемых аппаратов, способных впоследствии длительно функционировать в различных экстремальных условиях.

Вслед за подводными колоколами и лодками стали разрабатываться подводные аппараты других типов – батисферы, гидростаты, батискафы. Как правило, их обитаемые объемы рассчитывались либо на одного человека, либо на небольшой экипаж [1, 3]. СЖО таких объектов имели одинаковый набор подсистем: обеспечения кислородом, поглощения углекислого газа и вредных примесей, поддержания температуры и влажности, контроля параметров атмосферы. Практически все эти подсистемы, а также такое аварийное оборудование, как углекислотные огнетушители и индивидуальные дыхательные аппараты, использовались и на ПКА.

Предложения по использованию герметичных гондол для аэростатов появились около 1870 года (Ж. Л. Тридон, Франция). Герметичная часть первых гондол была небольшой и имела объемы 2–4 куб. м. Запас кислорода в них в виде газа, как и на подводных лодках, хранился в баллонах.

Первым самолетом, имеющим герметичную кабину, был металлический самолет Х. Юнкерса Ю-49, созданный в 1931 году [16]. Его небольшая кабина в виде автономного кокона изготавливалась из алюминия. Она была съемной, имела иллюминаторы и вмещала двух пилотов. Первый отечественный самолет БОК-1 с герметичной кабиной конструкции В. А. Чижевского совершил полет в 1933 году. Его кабина обладала целым рядом преимуществ перед самолетами немецких и французских предшественников. Главное из них – наличие частично замкнутой по воздуху СЖО. В этой системе газообразный кислород подавался из баллонов, а пары влаги и углекислота, выделяемые человеком, удалялись специальны-

## РИС. 7. ГЕРМЕТИЧНЫЕ АППАРАТЫ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ



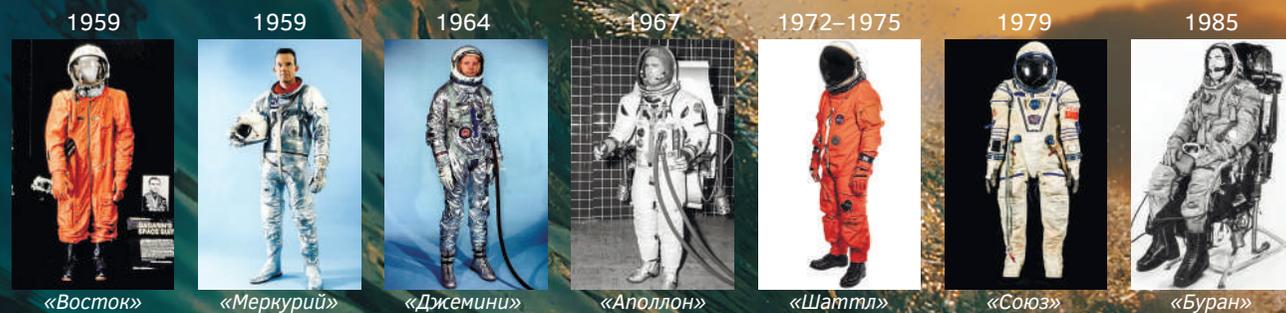
Обозначения:

7.1. Батисфера У. Биба и О. Бартона (1930 г.)

7.2. Аппарат Д. Бушнелла «Черепаха» (1775 г.)

7.3. Стратостат «СССР-1» (1933 г.)

## РИС. 8. ЭВОЛЮЦИЯ СКАФАНДРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ТИПА



### КОСМИЧЕСКИЕ СКАФАНДРЫ



### АВИАЦИОННЫЕ СКАФАНДРЫ



### ВОДОЛАЗНЫЕ СКАФАНДРЫ

ми химическими поглотителями. Впоследствии подобная система обеспечения газового состава использовалась на американских ПКА «Меркурий» и «Джемини». На первых отечественных ПКА она была более совершенной, поскольку и для получения кислорода, и для удаления углекислоты применялись одни и те же твердые химические компоненты [14, 15].

Первым пассажирским высотным самолетом с герметичной кабиной был американский «Боинг-307» [9]. В СССР, кроме В. А. Чижевского, гермокабинами для самолетов в начале 1940-х годов занимался конструктор А. Я. Щербаков. Им были созданы кабины для истребителей И-15, И-153 (1939 г.). Позже опыт А. Я. Щербакова оказался востребован в ОКБ-1 С. П. Королёва при создании космической техники.

Таким образом, еще до начала эры пилотируемых полетов в космос были последовательно созданы и отработаны технологии, сочетающие использование в герметичных конструкциях металлических, тканевых, резиновых, композитных материалов, а также стекол. Кроме того, был разработан комплекс технологий, обеспечивающих прочность конструкции, необходимый тепловой режим, эргономичные способы компоновки оборудования, а также относительно комфортную среду обитания.

С началом первых пилотируемых полетов в космос гермоотсеки ПКА прошли новый виток развития. Возрастали свободные объемы, приходящиеся на одного человека, улучшалась комфортность пребывания в них космонавтов, увеличивались возможности по обеспечению длительных безопасных полетов и работ на внешней поверхности ПКА. Таблица 1 дает представление об эволюции обитаемого пространства жилых герметичных отсеков ряда отечественных и зарубежных ПКА. На ПКА «Восток» при объеме гермоотсеков 5,2 куб. м в расчете на одного человека максимальная длительность полета космонавта достигала 4 суток 23 часа 07 минут, а на больших ОКС («Мир», МКС) при внутреннем объеме гермоотсеков более 100 куб. м – от одного года до полутора лет.

**В СССР гермокабинами для самолетов в начале 1940-х годов занимался конструктор А. Я. Щербаков. В 1939 году им были созданы кабины для истребителей И-15 и И-153. Позже опыт Щербакова оказался востребован в ОКБ-1 С. П. Королёва при создании космической техники.**

**ТАБЛИЦА 1. ОБИТАЕМЫЕ ОТСЕКИ ПКА**

ПКА	ВНУТРЕННИЙ ОБЪЕМ НА 1 ЧЕЛ.	T <sup>MAX</sup> ПОЛЕТА
«Восток»	5,2 м <sup>3</sup>	4 сут. 23 ч. 07 мин.
«Восход»	1,73 м <sup>3</sup>	1 сут. 00 ч. 17 мин.
«Союз»	3,48 м <sup>3</sup>	4 сут. 22 ч. 40 мин.
«Меркурий»	1,7 м <sup>3</sup>	1 сут. 10 ч. 20 мин.
«Джемини»	1,28 м <sup>3</sup> (min)	13 сут. 19 ч.
«Аполлон»	6,18 м <sup>3</sup>	12 сут. 13 ч. 52 мин.
«Спейс шаттл»	9,41 м <sup>3</sup>	15 сут. 20 ч. 29 мин.
«Салют-1»	27,3 м <sup>3</sup>	23 сут. 18 ч. 22 мин.
«Скайлэб»	117,5 м <sup>3</sup>	84 сут.
«Салют-7»	43,3 м <sup>3</sup>	168 сут. 03 ч. 51 мин.
«Мир»	65,0 м <sup>3</sup>	365 сут. 22 ч. 39 мин.
	197,3 м <sup>3</sup> (max)	193 сут. 19 ч. 08 мин.

За полвека обитаемые объемы на ПКА увеличились почти в 135 раз. На подводных аппаратах и в авиации эта величина значительно скромнее в силу специфики соответствующих технических средств.

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ

Новые вызовы, связанные с исследованием космоса, океанов, Арктики потребуют новых решений и инновационных технологий для обеспечения жизнедеятельности человека в экстремальной среде.

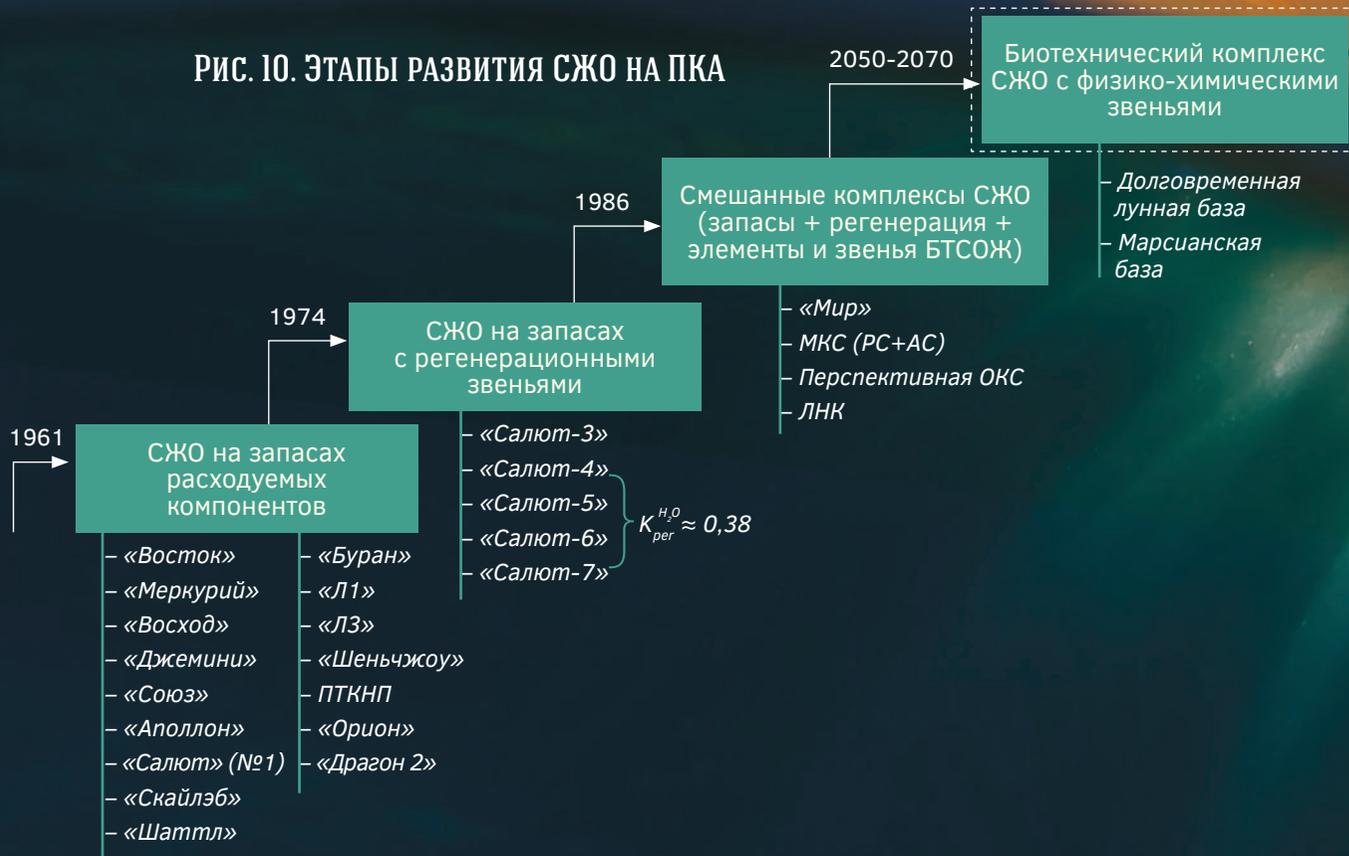
Следующий шаг, который будет сделан в космосе, – полномасштабное исследование и освоение Луны. Среда обитания на Луне характеризуется более жесткими условиями, чем на околоземных орбитах. Ее можно считать сверхэкстремальной, поскольку появляется целый ряд новых факторов и условий, усложняющих жизнедеятельность человека [17].

Новые вызовы по освоению Арктики возникают в связи с проблемами пополнения истощающихся энергетических ресурсов. Уже прорабатываются идеи осуществления проектов подводных буровых обитаемых комплексов на шельфе арктических морей, в том числе подо льдом для добычи нефти и газа [18]. Эти комплексы будут периодически посещаться специалистами для проведения технического обслуживания, ремонта, модернизации. В составе некоторых из них предусматриваются автономные жилые модули, оснащенные системами жизнеобеспечения и средствами спасения. Нет никакого сомнения, что прототипами для них станут системы и средства, достаточно хорошо зарекомендовавшие себя при предшествующем опыте освоения подводных глубин и воздушно-космической сферы.

РИС. 9. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТРАНСФЕР ТЕХНОЛОГИЙ



РИС. 10. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СЖО НА ПКА



Литература



1. **Войтов Д. В.** Подводные обитаемые аппараты. М.: АСТ, 2002. 303 с.
2. **Гуляр С. А., Шапаренко Б. А., Киклевич Ю. Н. и др.** Организм человека и подводная среда. Киев: Здоров'я, 1977. 183 с.
3. **Крючков Б. И., Усов В. М.** Исторический опыт использования передовых технологических решений в области создания космических систем жизнеобеспечения // Тезисы докладов. VIII Международный аэрокосмический конгресс IAC. М., 2015. С. 375.
4. **Крючков Б. И., Усов В. М.** Технические средства освоения человеком экстремальной среды обитания (исторические связи) // ИИЕТ РАН имени С. И. Вавилова. Годичная научная конференция (2017). М.: Ленанд, 2017. С. 596–600.
5. **Платонов А. В.** Подводные лодки. СПб.: Полигон, 2002. 256 с.
6. **Flynn M.** Hindenburg und die große Zeit der Luftschiffe. Wien: Print Company Verlagsgesellschaft mbH, 1999. 96 s.
7. **Платонов К. К.** Человек в полете. М.: Воениздат, 1957. 288 с.
8. **Морозов И. В.** К заоблачным глубинам. История высотных полетов. Долгопрудный: Интеллект, 2015. 240 с.
9. **Грэнт Р. Дж.** Авиация. 100 лет. М.: Росмэн-Пресс, 2004. 440 с.
10. **Wolfgang E.** Enzyklopadie Raumfahrt. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 2001. 693 s.
11. **Спарроу Д.** История космических полетов. Люди, события триумфы, катастрофы. М.: Бертельсманн, 2010. 320 с.
12. **Абрамов И. П., Дудник М. Н., Сверщек В. И. и др.** Космические скафандры России. М.: Звезда, 2005. 360 с.
13. **Skug A. I., Bert'e S., Oliv'e U.** Европейский космический скафандр // Acta Astronautica. 1991. Т. 23. С. 207–216.
14. **Крючков Б. И., Усов В. М.** Опыт создания и развития систем жизнеобеспечения экипажей ПКА // Пилотируемые полеты в космос. 2017. № 4. С. 113–128.
15. Космическая биология и медицина. В 5 томах. М.: Наука, 1994–2009.
16. **Крючков Б. И.** Хуго Юнкерс // Аэрокосмический курьер. 2003. № 2. С. 94–96.
17. **Крючков Б. И., Усов В. М., Ярополов В. И. и др.** Об особенностях профессиональной деятельности космонавтов при осуществлении лунных миссий // Пилотируемые полеты в космос. 2016. № 2. С. 35–57.
18. Патент № 2042011 РФ. Подводная обитаемая буровая установка / **Дмитриев В. В., Дмитриев М. В., Дорофеев Ю. П. и др.**; опубл. 20.08.1995.

References

1. **Voytov D.V.** Podvodnye obitaemye apparaty. Moscow: AST, 2002. 303 p.
2. **Gulyar S.A., Shaparenko B.A., Kiklevich Yu.N. et al.** Organizm cheloveka i podvodnaya sreda. Kiev: Zdorov'ya, 1977. 183 p.
3. **Kryuchkov B.I., Usov V.M.** Istoricheskiy opyt ispol'zovaniya peredovykh tekhnologicheskikh resheniy v oblasti sozdaniya kosmicheskikh sistem zhizneobespecheniya. Tezisy dokladov. VIII Mezhhdunarodnyy aerokosmicheskiy kongress IAC. Moscow, 2015, p. 375.
4. **Kryuchkov B.I., Usov V.M.** Tekhnicheskie sredstva osvoeniya chelovekom ekstremal'noy sredy obitaniya (istoricheskie svyazi). IIET RAN imeni S. I. Vavilova. Godichnaya nauchnaya konferentsiya (2017). Moscow: Lenand, 2017, p. 596–600.
5. **Platonov A.V.** Podvodnye lodki. St. Petersburg: Poligon, 2002. 256 p.
6. **Flynn M.** Hindenburg und die große Zeit der Luftschiffe. Wien: Print Company Verlagsgesellschaft mbH, 1999. 96 s.
7. **Platonov K.K.** Chelovek v polete. Moscow: Voenizdat, 1957. 288 p.
8. **Morozov I.V.** K zaoblachnym glubinam. Istoriya vysotnykh poletov. Dolgoprudnyy: Intellekt, 2015. 240 p.
9. **Grent R.Dzh.** Aviatsiya. 100 let. Moscow: Rosmen-Press, 2004. 440 p.
10. **Wolfgang E.** Enzyklopadie Raumfahrt. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 2001. 693 s.
11. **Sparrou D.** Istoriya kosmicheskikh poletov. Lyudi, sobytiya triumfy, katastrofy. Moscow: Bertel'smann, 2010. 320 p.
12. **Abramov I.P., Dudnik M.N., Svershchek V.I. et al.** Kosmicheskie skafandry Rossii. Moscow: Zvezda, 2005. 360 p.
13. **Skug A.I., Bert'e S., Oliv'e U.** Evropeyskiy kosmicheskiy skafandr. Acta Astronautica, 1991, vol. 23, pp. 207–216.
14. **Kryuchkov B.I., Usov V.M.** Opyt sozdaniya i razvitiya sistem zhizneobespecheniya ekipazhey PKA. Pilotiruemye polety v kosmos, 2017, no. 4, pp. 113–128.
15. Kosmicheskaya biologiya i meditsina. Moscow: Nauka, 1994–2009.
16. **Kryuchkov B.I.** Khugo Yunkers. Aerokosmicheskiy kur'er, 2003, no. 2, pp. 94–96.
17. **Kryuchkov B.I., Usov V.M., Yaropolov V.I. et al.** Ob osobennostyakh professional'noy deyatel'nosti kosmonavtov pri osushchestvlenii lunnykh missiy. Pilotiruemye polety v kosmos, 2016, no. 2, pp. 35–57.
18. **Dmitriev V.V., Dmitriev M.V., Dorofeev Yu.P. et al.** Podvodnaya obitaemaya burovaya ustanovka. Patent RF no. 2042011 (1995).

© Крючков Б. И., Усов В. М., 2018

**История статьи:**

Поступила в редакцию: 23.12.2018

Принята к публикации: 17.01.2019

**Модератор:** Плетнер К. В.

**Конфликт интересов:** отсутствует

**Для цитирования:**

*Крючков Б. И., Усов В. М. Освоение человеком экстремальной среды обитания // Воздушно-космическая сфера. 2019. №1(98). С. 82–94.*