

## MEDICAL AND BIOLOGICAL ASPECTS OF SAFETY OF SPACE FLIGHTS

M.M. Zay Yar, Candidate of Mathematical and Physical sciences, Doctoral Candidate

Yu. Khlopkov, Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor

S. Chernyshev, Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor

Moscow Institute of Physics and Technology, Russia

The space ship with astronauts flying through space is a small island of life in the vast lifeless ocean. The crew safety depends on many factors. One of the main reasons is medical-biological problems.

**Keywords:** space flight safety, medical-biological problems.

Conference participants, National championship in scientific analytics, Open European and Asian research analytics championship

## МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Зея Мью Мьинт, канд. физ.-мат. наук, докторант

Хлопков Ю.И., д-р физ.-мат. наук, проф.

Чернышев С.Л., д-р физ.-мат. наук, проф.

Московский физико-технический институт, Россия

Летающий в космическом пространстве пилотируемый корабль — это крохотный островок жизни в безжизненной среде. Безопасность экипажа зависит от многих причин. Одна из главных причин обусловлена медико-биологическими проблемами.

Участники конференции, Национального первенства по научной аналитике, Открытого Европейско-Азиатского первенства по научной аналитике

— *Господин полковник. Только что мне в голову пришла страшная мысль. Оказывается, Земля вертится! И, пуская ракету, мы можем промахнуться!*  
— *Знаете что, ротмистр! Космос значительно больше, чем вы себе представляете, куда-нибудь да попадем...*

*студенческий фольклор*

Космос. Как его воспринимать? Как исследовательскую лабораторию для проверки различных гипотез или как неблагоприятную среду обитания людей. Космическое пространство за пределами земной атмосферы, пожалуй, не является враждебным, но требует специальной подготовки для встречи с ним. Первые полеты человека доказали его способность находиться и вести научные исследования в космосе. Таким образом, осуществленный в XX веке прорыв человека в космос обозначил не только высокий уровень теоретических и практических достижений человечества, но, похоже, ознаменовал новую эру в развитии человеческой цивилизации — человек проявился в принципиально новой среде обитания. Действительно, летающий в космическом пространстве пилотируемый корабль — это крохотный островок жизни в безжизненной среде. Его появление оказалось возможным исключительно благодаря успешному решению не только технических, но и целому ряду смежных проблем, связанных с жизнью и деятельностью человека в необычных условиях космического полета. Чтобы справиться с решением этой задачи, необходимо опираться на прочный фундамент знаний, которые лежали у истоков проблемы. На начальном этапе практические изыскания путей освоения кос-

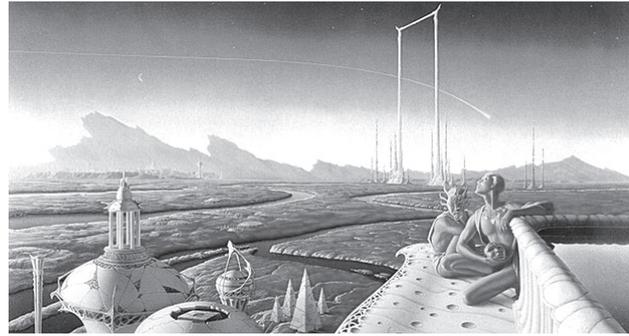
мического пространства были связаны с созданием и запуском автоматических аппаратов на околоземные орбиты и на другие планеты, первым полетом человека в космос и длительными полетами на орбитальных станциях, высадкой человека на поверхность Луны. Теоретические исследования в области космической техники и конструирования управляемых летательных аппаратов резко стимулировали развитие многих наук, в том числе новой отрасли знаний — космической биологии [1]. Стало очевидно, что круг проблем, связанный с длительными космическими полетами включает множество частных проблем биологии, физиологии, гигиены, психологии и, если угодно, нравственно-этических проблем. Частные задачи входят в состав комплексных медицинских проблем, которые подчинены различному целевому назначению (проблемы медицинской экспертизы, отбора и подготовки экипажей, обеспечения жизнедеятельности, медицинского контроля, профилактики, лечения, реабилитации и др.). На стыке со смежными областями науки и техники рождаются проблемы медицинского сопровождения разработок, эргономики, инженерной психологии, нормирования параметров среды обитания и условий деятельности, прогнозирования изменений со стороны организма и среды,

управления и многие другие. И наконец, с позиций системного подхода следует выделить одну общую проблему, характерную для космонавтики в целом и для всех видов научно-практической деятельности, которые она объединяет: обеспечение **безопасности** пилотируемых космических полетов. Заданный формат статьи (семь страниц) не позволяет в полной мере раскрыть тему, но принципиальные проблемы обозначить можно.

Практическая космонавтика и исторически, и структурно образовалась и на начальном этапе развивалась как ветвь авиации. Большинство первых ракетно-космических конструкторов, включая Сергея Павловича Королева, пришли в космонавтику из авиации. Первый отряд космонавтов формировался исключительно из военных летчиков и готовился к космическим полетам по авиационным методикам. По этой причине космонавтике присущи многие закономерности развития авиации и на примере авиации можно проследить закономерности развития космонавтики. Недавно ушедший из жизни, академик Борис Евсеевич Черток (март 1912 — декабрь 2011), знаковая фигура в когорте «отцов космонавтики», вспоминал, что в радиотехнику и авиацию, а затем в космонавтику его привела «Аэлита». В этой связи нельзя

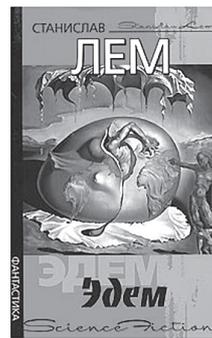


Аэлита - дочь Тускуба. В переводе с марсианского языка её имя означает «видимый в последний раз свет звезды» (постер к нему фильму «Аэлита», 1924)



Рэй Брэдбэри. «Марсианские хроники»

не упомянуть деятельность неистовых фантастических романтиков, обрамлявших новую эру человеческой истории. Это писатели-фантасты с их космическими романами-утопиями, такие как Алексей Толстой («Аэлита»), Иван Ефремов («Туманность Андромеды»), Рэй Брэдбэри («Марсианские хроники»), Артур Кларк («Фонтаны рая»), Станислав Лем («Солярис»), братья Стругацкие («Трудно быть Богом»)... Многие их фантастические утопии оказались пророческими. Например, по предсказаниям Ивана Антоновича Ефремова было открыто самое большое на Земле месторождение алмазов в Якутии. «Гиперболоид инженера Гарина» графа Алексея Толстого предвосхитил появление квантовых генераторов, а заодно и кучу нобелевских премий. А в полном соответствии с фантастическим романом «Фонтаны рая» Артура Кларка в настоящее время разработан и принимается к реализации проект самого экономичного способа доставки людей и грузов в космос – проект «Космический лифт». Думаем, реализация философских и нравственных проблем, поднятых в произведениях этих утопистов, еще впереди. Задолго до зарождения практической космонавтики на рубеже XIX и XX веков школьный учитель «калужский романтик» Константин Эдуардович Циолковский заложил основы теоретической космонавтики, предложил научную стратегию и тактику освоения человеком космического пространства, сформулировал и основные отличия космонавтики от других наук [2]. Например, представления о механизмах воздействия длительной невесомости на организм человека. Необходимо также упомянуть и о пионер-



Древнегреческий эпос «Одиссея» Гомера - одно из первых фантастических произведений.

#### Книги знаменитых современных фантастов

ских работах о воздействии гравитации на живые организмы русского биолога Станислава Федоровича Штейна [3]. Существенным отличием работ Штейна от его предшественников, да и многих современных исследователей, является то, что Штейн не ограничивал свои экспериментальные исследования только одним видом подопытных животных. В соответствии с эволюционными представлениями, учитывающими возможные видовые особенности и реакцию животных на различные факторы внешней среды, Штейн проводил исследования на животных, находящихся на различных ступенях эволюционного развития.

В 1896 г. Николай Егорович Жуковский теоретически восстановил траекторию последнего полета на планере воздухоплатателя Отто Лилиенталя и дал научный анализ причин катастрофы. Эти результаты были опубликованы в статье «О гибели воздухоплатателя Отта Лилиенталя» [4]. Пожалуй, это первая публикация по безопасности полетов. Если проследить динамику приоритетов послево-

енной гражданской авиации, она будет выглядеть следующим образом [5].

- (1950-1970): безопасность полета, скорость полета, дальность полета, показатели экономичности, комфорт, шум вблизи аэропорта;
- (1970-1990): безопасность полета, показатели экономичности, шум вблизи аэропорта, комфорт, скорость полета, дальность полета;
- (1990-2010): безопасность полета, охрана окружающей среды, показатели экономичности, комфорт, скорость полета, дальность полета.

Как видим, по мере развития авиации меняются местами все приоритеты, кроме одного, занимающего первую позицию – безопасности полета. С появлением пилотируемых космических полетов **безопасность космического полета** является также главным приоритетом космонавтики.

Исследования безопасности полета как свойства любого летательного аппарата (ЛА) заключаются в определении области предельных значений параметров и режимов полета ЛА, при которых он выполняет заданные функции



**Туманность Андромеды - созвездие северного полушария (слева). В Андромеде три звезды 2-й звёздной величины и спиральная галактика, видимая невооружённым глазом известная уже с X века (в центре карта звездного неба с Атласа 1690 г.). Согласно греческим мифам, Андромеда была дочерью эфиопского царя Цефея и царицы Кассиопеи. Была отдана отцом в жертву морскому чудовищу, опустошавшему страну, но спасена Персеем (справа). После смерти превратилась в созвездие.**

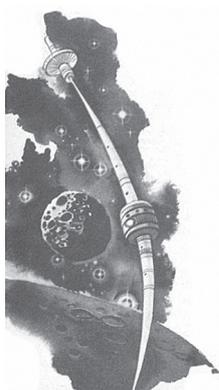
[6]. В авиации Всемирный фонд безопасности полетов разработал руководство по снижению риска авиационных происшествий при наиболее сложных режимах полета: заходе на посадку и посадке. 33-я Ассамблея ИКАО (ICAO – International Civil Aviation Organization) признала его одним из главнейших элементов Глобального плана обеспечения безопасности полетов [3, 6, 7]. Режим входа в атмосферу, заход на посадку и посадка также являются наиболее сложными режимами полета космического летательного аппарата.

Заметным шагом в области обеспечения безопасности полетов было создание в 1970 году общегосударственной организации - Национального комитета СССР по безопасности полетов авиационных и космических летательных аппаратов (НК), которая координировала работу всех заинтересованных ведомств

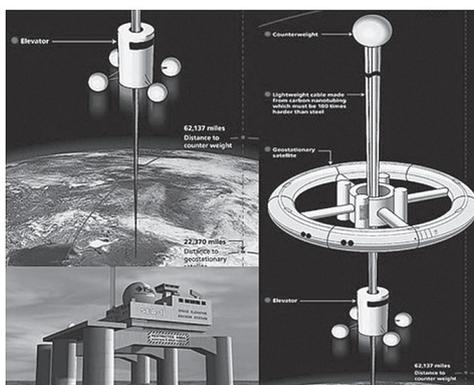
страны. Основными задачами НК были: осуществление связей с международными и национальными зарубежными организациями, научными учреждениями и фирмами, непосредственно занимающимися решением актуальных проблем обеспечения безопасности полетов самолетов и пилотируемых космических аппаратов. На первых порах деятельность НК выражалась в жестком отборе будущих космонавтов по состоянию здоровья и психомоторным реакциям, в поиске таких методов подготовки космонавтов, которые бы позволяли им с наибольшей вероятностью парировать нештатные ситуации и выжить в условиях возможной аварийной посадки как на сушу, так и на воду. Совершенствование ракетно-космических комплексов и наземного вспомогательного оборудования, усложнение инфраструктуры космической деятельности привела к

тому, что в рамках НК наряду с секциями авиационной направленности была создана и космическая секция во главе с Георгием Тимофеевичем Береговым. С учетом планировавшихся длительных космических полетов Национальным Комитетом издаётся первая монография - Береговой Г.Т., Тищенко А.А., Шибанов Г.П., Ярполов В.И. Безопасность космических полетов. // М.: Машиностроение. 1977. -343 с. Опыт работы Национального Комитета был использован при организации полтора десятка лет назад Межгосударственного Авиационного Комитета.

Обратимся к основным проблемам, обеспечивающим жизнь людей в космическом аппарате. В первую очередь выбор соответствующей системы жизнеобеспечения космонавта определяется продолжительностью космического полета [7]. Космические полеты неизбежно связаны с воздействием на организм человека ряда факторов, которые условно принято делить на три основные группы [8]. Это факторы, обусловленные динамикой полета (ускорение, вибрация, шум, невесомость). Факторы, характеризующие космическое пространство как среду обитания (высокая степень разреженности атмосферы, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, радио и микроволновые излучения, ионизирующая радиация и др.). Факторы, связанные с длительным пребыванием человека в ограниченных по объему кабинах космических кораблей (изоляция в составе небольших коллективов, ис-



**Артур Кларк. «Фонтаны рая». Космический лифт.**



**Современный проект «Космический лифт»**

кусственная газовая среда, измененный биологический ритм и др.). Учитывая значительный риск и сложность космического полета, большое значение придается экспериментам на животных.

Без научного обоснования возможности космического полета человека и обеспечения его безопасности нельзя было серьезно говорить о полете человека в околоземном космическом пространстве, а тем более о межпланетных путешествиях. Лишь искусственно созданная в обитаемых помещениях космического аппарата среда дает человеку шанс жить и работать в космическом полете. Но при попытке решить эту задачу необходимо ответить на целый ряд непростых вопросов. Какой, в частности, должна быть эта среда? С какой полнотой она должна обеспечивать все многообразие физических и интеллектуальных потребностей человека? Какие критерии должны быть положены в основу оптимизации взаимоотношений организма с искусственной средой обитания? Ведь к числу таких критериев, помимо физиолого-гигиенических, могут быть отнесены психологические, эргономические и даже философские и нравственные.

Константин Эдуардович Циолковский называл освоение космоса «погоней за светом и пространством». Конечно автоматы дают большую информацию и без них трудно представить себе процесс освоения космоса, но освоенной можно считать ту часть пространства, на которую, как пехотинец, пришел человек.

### References:

1. Khlopkov Yu.I., Zeya M'о M'int, Khlopkov A.Yu. Osobennosti stanovleniya i razvitiya kosmicheskoi biologii i meditsiny [Features of formation and development of space biology and medicine]., XXIII International Scientific and Practical Conference and I stage of Research Analytics Championship in medical sciences, pharmaceutical sciences and Earth sciences and the II stage of the Research Analytics Championship in the chemical sciences "Modern trends of scientific thought development", London (UK), 2012, pp. 38-41.
2. Tsiolkovskii E.K. Issledovanie mirovykh prostranstv... 1911-1912 gg.

[Investigation of outer space... the period of 1911-1912]., Sobranie cochineniy [Collection of Works]. Vol. 2. - Moskva., Publisher AN SSSR, 1954.

3. Shtein S.F. Nablyudeniye nad aktivnym i passivnym vrashcheniem cheloveka i zivotnykh. [Observation of the active and passive rotation of humans and animals] - Moskva., 1892.

4. Zhukovskii N. E. O gibeli vozdukhoplavatelya Otto Lilientalya [On the death of balloonist Otto Lilienthal]., Poln. sobr. soch. [Full. coll. works] - Moskva., Leningrad., 1937, Vol. 9., pp. 356-368.

5. Afanas'eva L.A., Khlopkov Yu.I., Chernyshev S.L. Vvedeniye v spetsial'nost'. Aerodinamicheskie aspekty bezopasnosti poleta [Introduction to the profession. Aerodynamic aspects of flight safety]. - Moskva., MFTI, 2011., - 185 p

6. Novozhilov G.V., Neimark M.S., Tsesarskii L.G. Bezopasnost' poleta samoleta [Safety of the airplane flight]. - Moskva., Mashinostroenie, 2003. - 144 p.

7. Pod red. O.G. Gazenko i M. Kal'vina. Osnovy kosmicheskoi biologii i meditsiny [Fundamentals of space biology and medicine]. - Moskva., Vol. 1, 2, 3, 1975.

8. Shibanov G. Iz istorii bezopasnosti poletov v Rossii: osoboe vnimanie – pilotiruemykh kosmicheskikh poletam Zhurnal «AVIAPANORAMA» [From the history of aviation safety in Russia: special focus on manned space flights. Magazine «Aviaporama»]. - No 4, 2010, pp. 47-49.

### Литература:

1. Хлопков Ю.И., Зeya Мью Мьинт, Хлопков А.Ю. Особенности становления и развития космической биологии и медицины. XXIII International Scientific and Practical Conference and I stage of Research Analytics Championship in medical sciences, pharmaceutical sciences and Earth sciences and the II stage of the Research Analytics Championship in the chemical sciences "Modern trends of scientific thought development", London (UK), 2012, P 38-41.
2. Циолковский Э.К. Исследование мировых пространств... 1911-1912 гг. // Собр. соч. Т. 2. М., Изд. АН СССР, 1954.
3. Штейн С.Ф. Наблюдение над активным и пассивным вращением человека и животных. М., 1892.

4. Жуковский Н. Е. О гибели воздухоплавателя Отто Лилиенталя // Полн. собр. соч. М. Л., 1937, Т. 9., С. 356—368.

5. Афанасьева Л.А., Хлопков Ю.И., Чернышев С.Л. Введение в специальность. Аэродинамические аспекты безопасности полета. М., МФТИ, - 2011, - 185 с

6. Новожилов Г.В., Неймарк М.С., Цесарский Л.Г. Безопасность полета самолета. - М.: Машиностроение, 2003. 144 с.

7. Под ред. О.Г. Газенко и М. Кальвина. Основы космической биологии и медицины. М.: - Т. 1,2,3, 1975.

8. Шибанов Г. Из истории безопасности полетов в России: особое внимание – пилотируемым космическим полетам Журнал «АВИАПАНОРАМА», № 4, 2010, С 47-49.

### Information about authors:

1. Myo Myint Zay Yar - Candidate of Mathematical and Physical sciences, Doctoral Candidate, Moscow Institute of Physics and Technology; address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: zauryarmyomyint@gmail.com

2. Yuri Khlopkov - Doctor of of Mathematical and Physical sciences, Full Professor, Moscow Institute of Physics and Technology; address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: khlopkov@falt.ru

3. Sergey Chernyshev - Doctor of Mathematical and Physical sciences, Full Professor, Moscow Institute of Physics and Technology; address: Russia, Zhukovsky city; e-mail: info@tsagi.ru

### Сведения об авторах:

1. Зeya Мью Мьинт - кандидат физико-математических наук, докторант, Московский физико-технический институт; адрес: Россия, Жуковский; электронный адрес: zauryarmyomyint@gmail.com

2. Хлопков Юрий - доктор физико-математических наук, профессор, Московский физико-технический институт; адрес: Россия, Жуковский; электронный адрес: khlopkov@falt.ru

3. Чернышев Сергей - доктор физико-математических наук, профессор, Московский физико-технический институт; адрес: Россия, Жуковский; электронный адрес: info@tsagi.ru