

FEATURES OF FOUNDATION AND DEVELOPMENT OF SPACE BIOLOGY AND MEDICINE

Yu. Khlopkov, Doctor of Mathematics and Physics,
Professor, Corresponding Member of the RANS
M.M. Zay Yar, Candidate of Mathematics and Physics,
Doctoral Candidate
A. Khlopkov, software engineer
Moscow Institute of Physics and Technology, Russia

Human space exploration is one of the greatest scientific and technological achievements of the XX century. This is a new stage in the development of human civilization - a breakthrough into the new physical dimension, new possibilities of research in physics, climatology, economics, biology and in solving social problems.

Keywords: space biology, space medicine, development of human civilization, K.E. Tsiolkovsky, C. F. Shteyn.

Conference participants

ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

Хлопков Ю.И., д-р физ.-мат. наук, проф., чл. корр. РАН
Зей М.М., докторант
Хлопков А.Ю., инженер-программист
Московский физико-технический институт, Россия

Освоение человеком космического пространства одно из выдающихся научно-технических достижений XX века. Это новая ступень развития человеческой цивилизации - прорыв в новое физическое измерение, новые перспективы научных исследований, в физике, климатологии, экономике, биологии, в решении социальных проблем.

Ключевые слова: космическая биология, космическая медицина, развитие человеческой цивилизации, К. Э. Циолковский, С.Ф.Штейн.

Участники конференции

Освоение человеком космического пространства одно из выдающихся научно-технических достижений XX века. Это новая ступень развития человеческой цивилизации - прорыв в новое физическое измерение, новые перспективы научных исследований, в физике, климатологии, экономике, биологии, в решении социальных проблем. Испокон века человек познавал свою зависимость от космических явлений. Звездное небо, Млечный Путь, Солнце, Луна были для людей таким же неотделимым элементом окружающей их среды, как земля, вода, воздух, как другие обитатели нашей планеты, как все, что обеспечивало или ограничивало жизнь на Земле. Но открытый для пытливого созерцания космос таил в себе много необъяснимого, таинственного. Недостаток знаний о космосе компенсировался воображением и фантазией. Первые шаги рационального познания Вселенной следует, вероятно, связывать с периодом систематических наблюдений движения небесных тел, начатых еще более 3-х тысяч лет назад. На основе этих наблюдений были установлены закономерности сезонных колебаний, крайне важные для земледелия и скотоводства, разработаны первые календари, составлены первые астрономические таблицы, пригодные для навигации. В формировании материалистического представления о мире весьма плодотворным периодом явилась

середина первого тысячелетия до нашей эры, когда трудами греческих астрономов, философов и мыслителей (Гераклит, Пифагор, Демокрит, Аристарх, Аристотель) были открыты шарообразная форма Земли и вращение Земли, вокруг своей оси. Доминирующее место в античном мире заняла геоцентрическая система мироздания. В соответствии с ней все небесные тела вращались вокруг неподвижной Земли по круговым орбитам, или по сферам. Наиболее полно геоцентрическая система мира была разработана Птолемеем, построившим на основе так называемых эпициклов новые схемы движения планет, позволявшие вычислять их положение на небе в разные моменты времени. Лишь в 1543 г. с выходом в свет работы великого польского ученого Николая Коперника "Об обращении небесных сфер" утвердилась новая гелиоцентрическая система мира. Коперник и его выдающиеся последователи Бруно, Галилей, Кеплер, Ньютон показали, что Земля, подобно другим планетам, обращается вокруг Солнца; звезды - такие же светила, как Солнце; они окружены планетами, движущимися по эллиптическим орбитам в соответствии непреложными физическими законами. Наиболее яркие открытия в области познания строения и эволюции Вселенной были сделаны в течение XX-го - начале XXI-го веков в связи с разработкой принципов совре-

менной физики (Эйнштейн, Планк, Боголюбов, Ферми, Капица, Бор, Ландау...). Это разработка специальной и общей теории относительности, квантовой механики, физики элементарных частиц, астрофизики, квантовой электроники и др. Однако мечта человечества о покорении космоса так и оставалась вотчиной фантастов пока на рубеже XIX и XX веков не были заложены основы теоретической космонавтики. Основоположником нового научного направления стал великий русский ученый Константин Эдуардович Циолковский.

Важнейшей заслугой Циолковского явились впервые в истории постановка и научно-теоретический анализ медико-биологических проблем, связанных с перспективами пилотируемых космических полетов. Интересно, что идеи Циолковского о механизмах воздействия невесомости на организм человека вполне удовлетворяют современным представлениям. В частности, качестве радикального средства защиты от предполагаемого влияния невесомости он предложил "искусственную тяжесть", которую можно создать с помощью вращательного движения. Вместе с тем, он указывал, что "криволинейное движение дурно влияет на организм, если полный оборот происходит быстро..." [1]. Рассматривается также возможность моделирования эффектов невесомости в лабораторных условиях

посредством погружения в воду и пребывания в горизонтальном положении, а также обеспечение жизнедеятельности космических экипажей за счет регенерации атмосферы, пищи и воды с помощью растений, механического и химического круговорота веществ. Все это дает основания прийти к заключению, что трудами Циолковского, по существу, были заложены основные идеи пилотируемой космонавтики и способствовали становлению новой науки, космической биологии и медицины. Космическая биология и медицина - это одно из ответвлений медико-биологических наук, рожденное потребностями научно-технического прогресса, развивающейся космонавтики и призванное обеспечить безопасное и эффективное проникновение человека в новую для него среду обитания.

Действительно, летящий в космическом пространстве пилотируемый корабль — это крохотный островок жизни в безжизненной среде. Его появление стало возможным благодаря успешному решению не только технических, но и медико-биологических проблем, связанных с жизнью и деятельностью человека в необычных условиях космического полета. Круг этих проблем весьма широк и разнообразен. Он включает много частных проблем: космической биологии, физиологии, гигиены, психологии и др. Частные проблемы 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 и эффективности пилотируемых космических полетов. Чтобы успешно справиться с решением столь обширного круга проблем, новое научное направление должно было опираться на прочный фундамент наук, которые лежали у его истоков.

Здесь необходимо упомянуть о пионерских работах на живых организмах другого русского ученого Станислава Федоровича Штейна. При ознакомлении с трудами Штейна [2] бросается в глаза широкая биологическая направленность его исследований. Последнее было обусловлено тем, что Штейн был глубоко убежден в необходимости выделения факторов воздействия земной гравитации как элемента внешней среды, формирующего особенности организмов. В большинстве современных работ проблема изучения длительных ускорений сосредоточена на частных вопросах и решается более узко, чем была решена в исследованиях Штейна. Кроме того, существенным отличием работ Штейна от его предшественников, да и многих современных исследователей, является то, что Штейн не ограничивал свои 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. Резюмируя вклад Штейна в становление космической биологии и медицины можно сказать следующее.

1. Первым исследованием по изучению влияния длительного непрерывного воздействия ускорений на живые организмы являются работы Штейна, проведенные им в 1907-1809 гг.

2. Штейн впервые выявил особенности реакций различных классов животных на длительное непрерывное ускорение: уменьшение веса и роста,

адаптацию и реадaptацию организмов.

3. Штейн является одним из основоположников гравитационной биологии. Результаты его экспериментов и методик могут быть использованы для проведения современных исследований в области космической биологии и медицины.

Невозможно дать сколько-нибудь полный перечень научных дисциплин, которые внесли свой вклад в становление и развитие космической биологии и медицины. Следует лишь отметить, что питательной средой для ее развития явились дисциплины, лежащие в основе теории и практики естествознания и клинической медицины, экологии, физиологии экстремальных состояний, а также такие прикладные науки, как авиационная, спортивная, морская медицина. Теоретическим фундаментом космической биологии и медицины явились концепции взаимосвязи организма со средой, учение о гомеостазе, о закономерностях адаптации организма к экстремальным воздействиям, о принципах моделирования, прогнозирования состояний, некоторые положения теории управления. Усилия ученых в России и Америке сделали возможным проведение экспериментальных исследований на животных при вертикальных запусках ракет до высот в несколько сотен километров. В ходе этих полетов продолжительность периодов невесомости еще не превышала 10 мин, но именно они положили начало экспериментальным исследованиям в космосе. Позднее сфера ситуаций, изучавшихся специалистами по космической биологии и медицине, охватила полеты различных биологических объектов (включая собак и обезьян) на космических кораблях; параболические полеты человека на самолетах; условия наземного лабораторного моделирования факторов космического полета, в том числе невесомости; и, наконец, орбитальные космические полеты человека последовательно возрастающей продолжительности. В результате этих исследований были сняты биологические ограничения на участие человека в кос-

мическом полете. Для того, чтобы безопасность полета обеспечивалась при очередном увеличении его продолжительности, научные заделы должны были опережать реально возникавшие практические запросы. Наука достигала этого доступными ей средствами: либо моделированием человека в реальных условиях космического полета, т.е. проведением полетных исследований на животных; либо моделированием на Земле влияния этих условий на организм человека. И тот и другой пути давали возможность получения опережающей информации, открывающей дорогу к достижению очередных рубежей в освоении космоса [3].

Весьма тернистым был путь, направленный на преодоление «барьера невесомости». Острые дискуссии возникали, в частности, в связи с данными о возникновении вестибулярных расстройств во время суточного полета (1961). Случаи с крайней степенью истощенности организма при «длительной стадии» 24-суточного полета космонавтов (1971), появлении ненормальных форм эритроцитов в крови в ходе многомесячного полета (1978), случаи досрочного прекращения космических полетов по медицинским показаниям (1976, 1985, 1987), возникновение в некоторых полетах клинических проблем (1981, 1982) использовались оппонентами для подтверждения существования непреодолимого «барьера невесомости» Заслугой космической биологии и медицины является то, что она поставила точку споре о преодолении «барьера невесомости». Но этим не исчерпывались объективные трудности на пути ее развития.

Проникновение человека в космос по существу означает его выход за пределы биосферы, в среду несовместимую с жизнью. 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. Известно, что оптимизация характеристик систем типа «человек-машина» иногда связана с поиском компромисса за счет ущемления человека в некоторых его потребностях. Иначе, в иерархии приоритетов система может занимать более высокое место по сравнению с человеком. На какие же компромиссы можно в этой ситуации соглашаться, а какие недопустимы? Ответы на эти вопросы часто неоднозначны и в принципе предполагают правомерность существования различных моделей экологии человека в космосе. Задача космической биологии и медицины и состояла в том, чтобы из всей многовариантности теоретически возможных моделей выделить такие, на базе которых может основываться проектирование экосистем, отвечающих требованиям безопасности и эффективности. Правомерно выделить некоторые компоненты измененной среды, характеризующие экологию человека в космическом полете. Первый компонент охватывает совокупность необычных физических факторов, обусловленных как динамикой полета (перегрузки, невесомость), так и радиационной обстановкой. Следующий компонент представлен группой профессиональных и социально-психологических факторов.

Будучи продуктом длительного эволюционного развития, человек приспособлен к жизни и работе в наземных условиях. Его невозможно «переконструировать» применительно к условиям космического полета. Вместе с тем, ему присуща способность приспосабливаться к разнообразным изменениям внешней среды. За годы своего развития космическая биология и медицина внесла крупный вклад в успехи фундаментальных наук о жизни, в частности, в гравитационную биологию, которая

исследует зависимость структуры, функции и поведения живых организмов от величины и направления гравитационных воздействий. Сопоставление реакций биологических объектов, различающихся размерами и средой обитания, на условия микро-, нормо- и гипергравитации, обогатило науку знаниями о границах и формах проявления их гравитационной зависимости.

Итак, космическая биология и медицина оказалась способной своевременно и даже с опережением решать проблемы развивающейся космонавтики. Ее специфика среди других медико-биологических наук определяется не только объектами ее профессиональных интересов. Это человек в космическом полете, космический летательный аппарат, представляющий собой искусственную среду обитания, использование методических приемов, обеспечивающих получение опережающей информации о воздействии факторов, часть из которых реально не воспроизводится в наземных условиях.

Широкий охват проблем, сочетание традиционных и новаторских подходов к их разрешению, тесная взаимосвязь научного поиска с решением прикладных задач, союз медиков и разработчиков космической техники явились важным условием успешного освоения человеком космического пространства. Эти причины вывели космическую биологию и медицину на уровень одного из главных соучастников достижений научно-технического прогресса, проявившихся в области пилотируемых космических полетов.

References:

1. К.Э. Циолковский. Исследование мировых пространств... 1911-1912 гг. // Собр. соч. Т. 2. М., Изд. АН СССР, 1954.
2. С.Ф. Штейн. Наблюдение над активным и пассивным вращением человека и животных. М., 1892.
3. Основы космической биологии и медицины. Под ред. О. Газенко и М. Кальвина, т. 1,2, М., 1975.