

УДК 629.78

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЗАДАЧИ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ПИЛОТИРУЕМАЯ КОСМОНАВТИКА**

А.А. Петрукович

*Стенограмма доклада на пленарном заседании
XIV Международной научно-практической конференции
«Пилотируемые полеты в космос»*

Чл.-корр. РАН, докт. физ.-мат. наук, проф. А.А. Петрукович
(ФГБУН Институт космических исследований РАН)

В докладе рассматриваются перспективные задачи, которые наука видит в космосе, связанные с поисками жизни во Вселенной, сохранением Земли, обеспечением устойчивого развития Земли и освоением космоса. Показана роль космонавтов в решении этих задач.

Ключевые слова: космос, Вселенная, Галактика, космонавт, космические лучи, экзопланета, марсоход, космический телескоп, астероид

Promising Tasks of Basic Research and Manned Space Exploration.**A.A. Petrukovich**

Transcript of the report at the plenary session of the 14th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flight”

The report considers the promising scientific tasks in space related to searching for life in the Universe, preserving the Earth, ensuring the sustainable development of the Earth and space exploration. The role of cosmonauts in solving these tasks is shown.

Keywords: space, the Universe, galaxy, cosmonaut, cosmic rays, exoplanet, Martian rover, space telescope, asteroid

Добрый день, уважаемые коллеги! Мое выступление будет посвящено перспективным задачам, которые наука видит в космосе. В конце доклада будет несколько слайдов о том, как мы представляем себе участие космонавтов в решении этих задач, в чем могут быть их уникальные функции.

Надо сказать, что для науки вообще и для науки о космосе в частности, начало космической эры, т.е. появление первых спутников и научных приборов в космосе, имело совершенно революционное значение (здесь на слайде (рис. 1) показана карта спектра излучений). Начиная от космических лучей – самых энергичных излучений, до радиоволн, и фактически с поверхности Земли мы видим космос только в двух узких окошках. Это в районе видимого диапазона и в радиодиапазоне. Все остальные диапазоны от нас закрыты атмосферой Земли. На спутниках мы можем наблюдать космические лучи, рентгеновское излучение, ультрафиолетовое, часть инфракрасного и часть

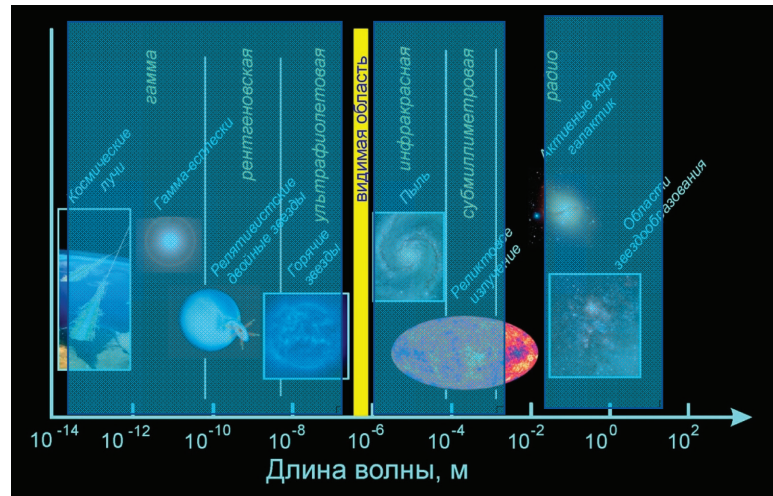


Рис. 1. Карта спектра излучений

радиоизлучения. Таким образом, мы уже на первых спутниках увидели совершенно новые явления в околоземном пространстве, такие как радиационные пояса, о существовании которых не было никаких сведений; солнечный ветер – поток плазмы от Солнца, который мы могли только предположить, что он есть, исходя из общих соображений; космические лучи, которые прилетают из других галактик. И рентгеновское излучение Солнца или сверхновых, например, про которое тоже ничего не было известно. Тем не менее, до сих пор еще одна зона спектра остается закрытой – это зона длинноволнового радиоизлучения, которое поглощается ионосферой. Околоземные спутники не могут хорошо наблюдать в этом диапазоне из-за шумов Земли. Эту зону мы откроем, когда сделаем базу на обратной стороне Луны. Там, где нет ионосферы, нет шумов Земли. Тогда мы сможем пронаблюдать в этой области излучение самых дальних объектов во Вселенной, увидеть первые тысячи, миллионы лет истории Вселенной.

Эта картина мира, которая нам открылась в 50–60-е годы, не была статичной. Если вспомнить наше представление о космосе на рубеже столетий, когда я окончил вуз и превратился из студента в научного сотрудника, то мои студенческие знания уже оказались в некотором смысле устаревшими. Мы увидели по-другому солнечную активность в рентгеновском излучении, корону Солнца, вспышки на Солнце, магнитные поля на Солнце, нашли воду на Марсе и на Луне, используя российские приборы. Нашли тысячи экзопланет у других звезд. Экспериментально подтвердили теорию Большого взрыва. Сегодня мы живем совершенно в другой парадигме знаний о космосе, чем та, которая была, когда большинство сидящих в этом зале были студентами.

Что нас ждет в будущем? Что будет важно через 10, 20, 40 лет? На следующем слайде попытаюсь сформулировать, зачем мы изучаем космос?

Прежде всего, мы хотим понять как устроена Вселенная. Какие физические законы управляют ее динамикой и обусловили именно такие свойства Вселенной, при которых в ней возможна жизнь. И, конечно, главный ориентир – это то, что мы называем «новой физикой». Это новые законы мироздания, которые позволят нам получить большие ресурсы в свое распоряжение.

Второе, очень важное направление, связано с поисками жизни во Вселенной. Это поиск внеземной жизни какой бы она не была: остатки микроорганизмов на Марсе, изучение экзопланет у других звезд, поиск проявлений уже разумной жизни. Это важнейшая часть, потому что, даже представление о любой другой живой молекуле на Марсе или на Венере, даст совершенно революционный прорыв в биохимии. Обнаружение жизни на других планетах окажет фантастический эффект на самосознание человечества.

И третье направление – это то, что связано с сохранением Земли, обеспечением устойчивого развития Земли и освоением космоса.

Немного подробнее об этих основных направлениях.

О новой энергии. Надо понимать, что цивилизация XXI века со смартфонами, интернетом, искусственным интеллектом основана на открытиях физики, сделанных в XIX веке и начале XX века. Электромагнетизм – это середина XIX века; квантовая теория, на основании которой сделаны все наши полупроводниковые компьютеры, – это 20-е годы XX века; теория относительности – 20–30-е годы XX века. С тех пор базовые физические законы не изменились. Следующие 100 лет мы учились их использовать для практических целей. Если мы посмотрим на 100 лет вперед, что нас ждет в XXII веке? Во-первых, рост потребления энергии в 10–15 раз. Это по опыту XX века, на начало XXI века. Здесь и новые компьютерные возможности, которые съедают все больше и больше энергии. Здесь и выравнивание уровня жизни тех миллиардов человек, которые живут в Африке, Азии, Южной Америке до уровня «золотого миллиарда».

Ясно уже, что с учетом всех проблем с глобальным потеплением, изменением климата, экологическими проблемами, скорее всего, на Земле будет невозможно реализовать эти энергетические возможности. В связи с тем, что условно говоря, КПД никто не отменял, и если мы в 10–15 раз больше потребляем, то выхлоп на обогрев из-за неэффективного использования энергии будет такой, что станет просто непереносим на Земле. Поэтому дальнейший неограниченный рост потребления энергии возможен, только если основные энергоемкие отрасли будут вынесены в космос и, скорее всего, на основе новых физических принципов, которые сейчас неизвестны. Поэтому сейчас в астрофизике мы ищем те законы, которые будут обеспечивать человечеству безбедное существование в XXII веке.

Действительно, за последние 10–20 лет мы увидели подтверждение теории Большого взрыва. Найдены гравитационные волны. Увидели массивные черные дыры в других галактиках. Надеюсь, что к 2040 году мы разберемся, что такое темная энергия и темная материя, поймем на основании каких

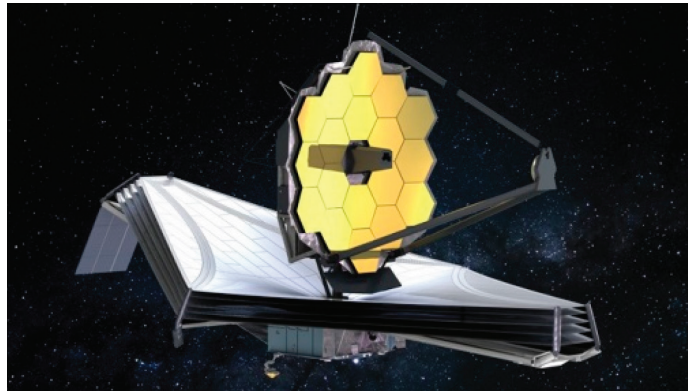


Рис. 2. Телескоп «Джеймс Уэбб»

законов определяются экстремальные состояния вещества. Для этого нам нужна, прежде всего, техника в космосе. Это телескопы. На слайде (рис. 2) показан телескоп «Джеймс Уэбб» 6-метровый, автоматический, который отправится в космос через несколько недель и новые гравитационные детекторы. В космосе в какой-то момент нам понадобится собирать телескопы из отдельных частей уже с апертурами десятки метров и здесь нам понадобится помощь человека.

Второе направление, как я уже сказал, это поиски жизни. Что мы имеем по поискам жизни в Солнечной системе? У нас нет другой разумной жизни в Солнечной системе, но по современным понятиям более-менее комфортные условия для того, чтобы произвести значимую органику, и, может быть, какие-то примитивные организмы есть и на Марсе, и в облаках Венеры, и в океанах ледяных спутников Юпитера и Сатурна.

И то, что мы сейчас делаем, например, на Марсе по факту уже с тремя марсоходами, а через год прибавится четвертый европейский марсоход, в том числе и с российскими приборами, и с помощью искусственных спутников Марса – мы ищем фактически место, откуда нам оптимально вернуть грунт с возможными следами органики. Если мы найдем такое место, то туда же будет совершена и высадка будущих астронавтов, космонавтов. Может быть это произойдет через 20 лет. И там уже роль космонавтов будет очень высока, потому что ни один искусственный интеллект не заменит глаза геолога. В ближайшие 10 лет мы ждем возврата мерзлого грунта с Луны с остатками воды, а значит, с остатками космической органики и возврата грунта с Марса, возможно, к 2050 году мы сможем вернуть пробы с ледяных спутников Юпитера.

Не менее интересны последнее время стали и поиски жизни в дальнем космосе. Если раньше мы в рассуждениях о разумной жизни в космосе опирались на книгу И.С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум» и теории Карла Сагана, то сейчас мы перешли к практическим задачам в этом смысле.

Уже сейчас на 2021 год известно порядка 4 000 экзопланет на расстоянии до 3 000 световых лет от Земли. В основном на 99,9 % эти планеты непригодны для жизни или малопригодны. Это либо планеты-гиганты, либо планеты вне зоны обитания, либо планеты, находящиеся формально при комфортных температурах, которые обеспечивает им звезда, но они расположены так близко от звезды – красного карлика, что жизнь, скорее всего, там невозможна из-за повышенной радиации.

Что нас ждет в ближайшие десятки лет? Это полная перепись ближайшей зоны. Здесь в основном будут работать наземные телескопы, будет доля и космических телескопов. Это уже и «Джеймс Уэбб», и будущий телескоп, который планируется в 2050 годы, с размером 10 метров. И российский телескоп «Спектр УФ», который будет видеть ультрафиолетовое свечение атмосфер планет. И наземные телескопы, которые будут введены с апертурами десятки метров.

Самое интересное – это ближайшая зона, куда теоретически возможно послать сигнал и при разумных временах получить ответ, если там кто-то есть. В 50 световых годах у нас всего 2 000 звезд. Большинство из них – красные карлики. Скорее всего, их планеты не очень жизнепригодны. Есть 57 солнцеподобных звезд. В 15 световых годах, для понимания, менее 100 звезд, и только 3–4 солнцеподобные звезды. По современным понятиям вероятность появления планеты, похожей на Землю, находящуюся в комфортной зоне у солнцеподобной звезды, составляет несколько процентов. Мы надеемся здесь получить и прямые изображения этих планет и получить анализ их атмосфер. То есть выбрать планету, которая имеет признаки кислорода в атмосфере, в принципе, будет технически возможно уже во время жизни сегодняшних поколений. Думаю, что здесь уже встанут вопросы о том, как с этой планетой связаться. Зонд послать, наверное, еще будет сложно, но соорудить огромный телескоп на пожертвования сообщества всех развитых стран с целью решения глобальной, фантастически важной проблемы – связи с братьями по разуму, будет возможно.

Третье направление, как я сказал, – это устойчивое развитие Земли. То, что мы имеем сейчас, мы имеем глобальный, многоканальный мониторинг из космоса, имеем космическую навигацию в смартфоне. Это достижения последних 10 лет. Наблюдения Земли из космоса еще не используются в нашей жизни здесь и сейчас повседневно в режиме реального времени. И то что мы надеемся иметь в 2040 году – перевести этот мониторинг в оперативный режим. Здесь будут работать в основном автоматические аппараты, когда любую точку Земли в течение 15–30 минут мы можем получить в виде актуального снимка даже в пасмурную погоду в режиме радиолокации.

Еще одна проблема, которая должна решаться в ближайшие годы, – это астероидная опасность. Мы надеемся получить полную перепись (99,9 %) всех потенциально опасных астероидов. И если мы знаем их орбиты, в принципе, мы можем предсказать падение, ведь астероиды попадают на Землю

в связи с медленной эволюцией их орбит. Если мы видим астероид, знаем точно его координаты, то можем просчитать наперед на десятки и сотни лет, понять что рано или поздно этот астероид будет угрожать Земле и нужно принимать какие-то меры. Есть фильм, где надо было взорвать астероид. Но взрыв астероида – это неправильный метод решения проблемы, потому что обломки опаснее, чем сам астероид. Поэтому самый грамотный способ – это доставить туда огромный ракетный двигатель, поставить его на этот астероид и оттолкнуть астероид буквально чуть-чуть. И на интервале следующей сотни лет можно будет его увести чуть-чуть в сторону. Здесь тоже, вероятно, такого рода конструкция потребует работы космонавтов.

Постепенно я перехожу к теме, которая наиболее интересна сидящим в этом зале. О роли человека. Конкретные соображения я прибегу для круглого стола, здесь покажу несколько красивых слайдов.

В чем плюсы человека в космосе? Плюсы в том, что человек может принимать нестандартные решения, реализовывать сложные сценарии, реагировать на экстремальные ситуации, решать проблему здесь и сейчас. В чем минусы? Высокая стоимость нормо-часа, т.е. затратность. Если это внекорабельная деятельность, то экипаж может выйти в открытый космос несколько раз за полгода полета. Один выход в космос – две-три операции. В результате получается, что больше двух приборов за один вылет в космос – за полгода, установлено вне корабля быть не может. С учетом времени подготовки на Земле интегральная стоимость такого условного нормо-часа по переносу и установке прибора, проведению экспериментов становится очень высокой и малоконкурентной по сравнению с автоматическими аппаратами.

Могут ли роботы заменить человека в космосе? В математике эта проблема формулируется как «слабый искусственный интеллект» и «сильный искусственный интеллект». Слабый искусственный интеллект – это то, что реализовано сейчас во всех системах искусственного интеллекта. То, что в шутку называют в профессиональной среде «выбор между кошечкой и собачкой». Мы тренируем нейронную сеть, которая на картинках отбирает кошечек и собачек. Это классическая задача слабого искусственного интеллекта – есть конкретная проблема, трудно формализуемая в связи с большим количеством малых факторов. Вместо того чтобы писать конкретную формулу, вы тренируете нейронную сеть. Что такое современная «нейронная сеть»? Это формула с миллионами коэффициентов. И предъявив этой сети множество фотографий кошечек и собачек, вы сможете настроить эти коэффициенты, чтобы она правильно делала эту работу. Но если вы подсунете туда фотографию тигра, то нейронная сеть, скорее всего, не справится. Про «тигра» она не знает. В этом разница между слабым интеллектом и сильным. Сильный интеллект – это тот интеллект, который может решать задачи, с которыми он сталкивается первый раз в жизни. Поэтому и сейчас, и в ближайшие десятилетия робот не сможет составить конкуренцию человеку. Это та ниша, которая остается за космонавтами, за человеком в космосе.

Чтобы прояснить второй вопрос, обратите внимание на слайд (рис. 3) из двух фотографий. На первой фотографии (а) – американский сегмент МКС. Меня поразило количество кабелей, мониторов, переключателей. Это характерный пример того уровня трудоемкости, который сейчас требуется для проведения экспериментов. И на российском сегменте есть примеры, когда банальная замена кабелей или перестыковка разъемов на научной аппаратуре занимает годы. Сама технология принятия и реализации этих решений является такой.

Вторая фотография (б) – это реклама коммерческой американской станции, это бесконечное будущее, в котором человек будет задумываться о тех задачах, которые ему действительно надо решить, а не об обслуживании и не о каких-то технических проблемах.

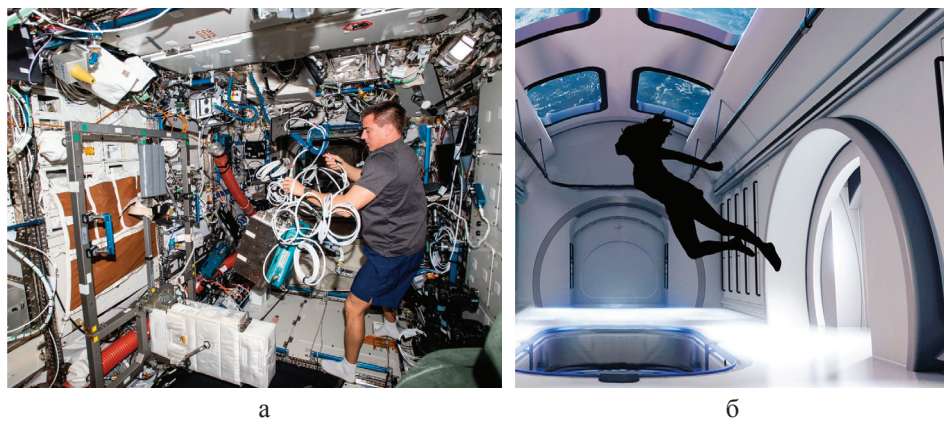


Рис. 3. Американский сегмент МКС (а)
и реклама коммерческой американской станции (б)

Сейчас составляются технические задания на новую космическую станцию. Наука на этой новой станции не будет конкурентоспособной, если мы не решим проблему трудоемкости банальных операций.

Ну и в целом, в конце, небольшой прогноз с точки зрения науки. Зачем нужен человек в космосе? Начнем с долгосрочной перспективы – человек должен уметь жить в космосе. Это то, к чему мы стремимся, но когда придем – непонятно.

Среднесрочная перспектива – монтаж сложных конструкций, поиск на поверхности планет в наиболее важных зонах. Это середина XXI века, а в ближайшие 10–20 лет – отладка технологий, конкуренция с туристическим полетом. Как космонавтам удержаться от перехода в состояние современной гражданской авиации: два пилота, пять бортпроводников и двести человек туристов. Это та реальная перспектива, с которой будет конкурировать любая целевая деятельность, связанная с наукой или отработкой технологий.