

# КОСМОС: разговоры с продолжением

Эта рубрика, продолжая начатую в прошлом году тематику, перекидывает мостик от научных встреч, связанных с современным обсуждением проблем космической безопасности, ко времени зарождения самого этого научного направления. Тем более, что в нынешнем январе отмечается юбилей выдающегося ученого, стоявшего у истоков космической биологии. Естественным развитием темы оказывается и дискуссионная идея космического анабиоза.

Однако и участники событий полувековой давности, предшествовавших полетам человека в космос, воплощали в реальность то, что долгое время считалось фантастикой, несбыточной мечтой, а сегодня их деятельность называлась бы ни чем иным, как инноватикой.



# Для полета на **Марс** нужен... ускоритель

*Летом прошлого года в Москве и Санкт-Петербурге проходил 4-й Международный симпозиум по радиационным исследованиям в космосе и 17-й семинар исследователей радиационной безопасности в космосе НАСА.*



Тематика симпозиума включала современные проблемы классической и космической радиобиологии, физики защиты от космического излучения и дозиметрии. Особое внимание среди обсуждавшихся проблем уделялось программам освоения Луны и полета пилотируемого корабля к Марсу, возможности использования полученных результатов в прикладной медицине, биологии и радиационной безопасности.

Этот радиобиологический форум проводится раз в два года, семинар НАСА традиционно проходит одновременно с ним. Специалисты Лаборатории радиационной биологии (ЛРБ) Объединенного института ядерных исследований постоянно участвуют в этом симпозиуме и явля-

ются его соорганизаторами, а в предыдущий раз они проводили этот симпозиум в Дубне.

О проблемах, обсуждавшихся на нынешней встрече радиобиологов, рассказал заместитель директора ЛРБ Геннадий Тимошенко:

«На симпозиуме собралось более 100 участников, в том числе около 30 из НАСА и Европейского космического агентства — ведущие специалисты по радиационной безопасности и космической радиобиологии, форум получился очень представительный. Много докладов было посвящено задаче нормирования радиационного воздействия при длительных полетах вне магнитосферы Земли, проблемам радиационной генетики, воздействия

на человека галактического и вторичного излучения, радиационной защите кораблей. Большой интерес вызвала тема длительного пребывания экипажа в космосе, — будь то долговременная экспедиция на околоземной орбите, обсуждаемая тема полета на Марс или активизация планов освоения Луны. Марсианская экспедиция для космонавтов означает, в первую очередь, радиационное воздействие в течение 2-3-х лет, но нельзя забывать и о сочетании всех неблагоприятных факторов и их комбинированном воздействии. Так что, вопрос о том, сможет ли человек выдержать этот полет, до сих пор остается открытым, притом, что техническая сторона проекта, хоть и на пределе нынешних возможностей человека, но вполне решаема.

Галактическое космическое излучение составляют протоны широкого спектра энергии и ядра, идущие из глубины космоса. Звезды, гораздо более мощные, чем наше Солнце, взрывы, другие процессы — в них рождаются ядра с очень высокими энергиями. Несмотря на то, что таких ядер мало в общем потоке излучения, за счет их высокой биологической эффективности суммарная дозовая нагрузка на человека от них составляет 40-60 и более процентов. Если протон — хорошо изученная и наиболее доступная частица в ускорительной ядерной физике, то ускорители тяжелых ядер высоких энергий появились только в последние 10-15 лет. Так что тема пилотируемой экспедиции на Марс и связанные с ней задачи оставалась, наверное, на этом симпозиуме, как и на предыдущем, самой обсуждаемой.

Исследования по этой проблеме ведутся очень интенсивно, но нельзя сказать, что широким фронтом, поскольку к услугам радиобиологов очень небольшое число ускорителей на такие энергии — в Брукхейвене, Дармштадте, в Японии и наш дубненский нуклотрон. Кстати, дирекция ОИЯИ поставила задачу ускорить работы по доведению нуклотрона до проектных параметров — увеличению

энергии и «утяжелению» спектраusercontentных ядер. Нуклотрон — привлекательная машина, а в России и странах-участницах единственная в своем классе. В рамках европейской долгосрочной программы космических исследований «Аврора» сформировано радиобиологическое направление. В нем был объявлен тендер на ускоритель с определенными параметрами для выполнения исследований в рамках европейской программы. Нуклотрон участвует в этом тендере».

Чуть позже в ОИЯИ побывала группа специалистов из НАСА и Института медико-биологических проблем (ИМБП) (Москва). Они познакомились с исследованиями, проводимыми в ЛРБ и дубненской лаборатории ИМБП, с возможностями, которые предоставляет для радиобиологических исследований ускорительная база ОИЯИ, побывали на нуклотроне.

Цель визита в ОИЯИ раскрыл заместитель директора ИМБП по науке Евгений Ильин:

«Космическая радиация — один из важных факторов, воздействующих на организм человека во время космического полета, особенно в период солнечных вспышек. Служба радиационной безопасности ведет наблюдение, и во время угрозы вспышек космонавтам рекомендуют укрыться в специальном убежище. Особенную же значимость фактор космической радиации приобретает в связи с предстоящими в обозримом будущем полетами за пределами радиационных поясов Земли: в США сейчас говорят о полете на Луну в 2017 году, а к 2030 году планируется пилотируемый полет на Марс. Поэтому сейчас у ученых возродился интерес к проблеме космической радиации. Естественно, биологов и медиков интересует не только само воздействие радиации, но и как невесомость может модифицировать реакцию организма на радиацию.

Специалисты Эймсовского исследовательского центра НАСА и мы посетили ОИЯИ для того, чтобы изучить возможность использования условий,

технических средств и разработок Дубны для исследования комбинированного эффекта радиации и невесомости. Российское космическое агентство, ИМБП и НАСА сотрудничают уже давно. Сейчас готовится ряд экспериментов, провести которые планируется во время полета беспилотного корабля «Фотон-М3». Один из этих экспериментов пройдет под флагом совместного исследования радиации и невесомости. Окончательное решение еще не принято. Нужно еще раз все проанализировать, учесть специфику подготовки этого эксперимента, в которой есть определенные трудности: биологический объект должен быть доставлен на космический аппарат за четверо суток до старта, для этого его еще надо привезти на Байконур, но облучить заранее нельзя, по крайней мере, больше чем за 7 суток до полета. Но в этом вопросе имеются разные подходы, есть возможность и послеполетного облучения, мы их рассматриваем».

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ гостей принимал ее директор Александр Малахов:

«Мы показали американским и российским радиобиологам нуклотрон и синхрофазотрон, предполагаемое место облучения их объектов на нуклотроне. Параметры этой установки их устраивают, мало того, они предполагали облучать свои объекты только протонами, но набор ядер, который у нас есть, особенно группа железа, присутствующая в космическом излучении, их очень заинтересовал.

Сейчас многие ускорители на небольшие энергии закрыты, а поскольку в космическом излучении присутствуют именно такие энергии, то радиобиологи испытывают дефицит необходимых им пучков. Недавно закрылся подобный ускоритель в Беркли, еще работает небольшой ускоритель в Брукхейвене, но когда там построили коллайдер RHIC, то этот ускоритель стали использовать в ином режиме, и биологам получить время для работы на нем стало совсем сложно. А у нас уже было сотрудничество с

НАСА лет 15-20 назад еще на синхрофазотроне».

А вот что сказал менеджер проекта «Фотон-М3» Майкл Скидмор (НАСА, США):

«Прежде всего, я бы хотел выразить искреннюю благодарность за теплый, радушный прием, оказанный нам в ОИЯИ. Установки, которые мы увидели, и те имеющиеся здесь возможности для наших научных исследований произвели на нас колоссальное впечатление. Сейчас мы находимся на предварительной стадии изучения возможного совместного проекта, обсуждаем, как организовать нашу работу. Наше общее впечатление — если мы начнем работать с Объединенным институтом, то это сотрудничество будет очень плодотворным».

Остается добавить, что биологическими объектами выбраны тритоны — за свою способность к регенерации, а полет аппарата запланирован на сентябрь нынешнего года. Успеют ли американские тритоны совершить путешествие в Россию и Казахстан до полета в космос, — покажет ближайшее время.

За комментариями к состоявшимся встречам мы обратились к директору Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ Евгению Красавину:

«Радиобиологические исследования в ОИЯИ были начаты более 40 лет назад. Ими занимались специалисты из разных, главным образом, московских институтов. В 1963 году по инициативе и при постоянной поддержке главного ученого секретаря АН СССР академика Н. М. Сисакяна, который стал в нашей стране основоположником космической биологии и медицины, в том числе и исследований по космической радиобиологии, в Москве был образован Институт медико-биологических проблем. И сразу же специалисты вновь образованного института начали проводить исследования на ускорителях ОИЯИ. Они занимались изучением биологической эффективности протонов высоких энергий на первом ускорителе Объединен-

ного института — синхроциклотроне, обладающим таким энергетическим диапазоном, а позже — на ускорителе тяжелых ионов низких энергий в Лаборатории ядерных реакций при активной поддержке и внимании к этим работам директора лаборатории академика Г. Н. Флерова, а затем — академика Ю. Ц. Оганесяна.

Такие работы проводились с целью изучения особенности действия плотных ионизирующих излучений на разные типы живых клеток, микроорганизмы (дрожжевые и бактериальные клетки), ткани экспериментальных животных (роговика, кожа). Были получены интересные результаты. После создания в 1978 году сектора биологических исследований в ОИЯИ сотрудничество с ИМБП продолжалось уже на новом уровне. Часть специалистов этого института перешла работать в новообразованный сектор Объединенного института. Поэтому традиционные связи, органичность и преемственность контактов между специалистами ИМБП и ОИЯИ продолжали развиваться. И тематика исследований, связанных с решением задач космической радиобиологии всегда присутствовала в тех направлениях работ, которые выполнялись специалистами-радиобиологами ОИЯИ.

Сегодня, в связи с постановкой человеком амбициозных программ освоения Луны и экспедиции на Марс, тема объединения усилий в исследованиях, связанных с космической радиобиологией, приобрела особую актуальность. Потому, что реализация таких длительных полетов, в первую очередь, связана с решением проблемы преодоления радиационного барьера галактического космического излучения. Невесомость сегодня не является препятствием — вопросы деминерализации костной ткани и другие, связанные с воздействием невесомости на человеческий организм, успешно решены. А полностью защититься от галактического излучения при полете вне магнитосферы Земли нельзя. За год такого полета на один квадратный сантиметр тела космонавта попадает до десяти миллионов

тяжелых заряженных частиц группы углерода и железа. Биологическая активность ядер железа очень высока. В результате их воздействия с большой вероятностью возникают раковые заболевания, образуются мутации, они действуют и на хрусталик и сетчатку глаза, с возникновением катаракты или поражением центральной нервной системы.

Изучать в космосе последствия такого воздействия невозможно, их можно только моделировать на ускорителях заряженных частиц, каким является, например, нуклотрон ОИЯИ. В задачах моделирования на ускорителях нового поколения на первый план выходит исследование молекулярных механизмов, чтобы сделать оценку повреждений генетического аппарата, понять, какой ущерб наносится ДНК, поскольку повреждения от галактического излучения качественно и количественно отличаются от электромагнитных воздействий. Надо точно знать, какие мутации возникают и насколько они опасны, оценить вероятность возникновения раковых заболеваний и риск возникновения катаракты, опасность повреждения структур мозга, центральной нервной системы, — и здесь могут быть серьезные последствия, вызывающие нарушение базовых психических функций.

Решение всех подобных вопросов — это фундаментальные исследования на ускорителях. Тяжелые заряженные частицы — уникальный инструмент, позволяющий изучать организацию живых систем. Радиобиология тяжелых заряженных частиц — новая, отличная от классической радиобиологии, имеющей дело с электромагнитным излучением. Сейчас разрабатываются эффективные методы анализа и можно ожидать решения не только вопросов прикладного характера — таких, как полет на Марс, — но и решения фундаментальных проблем, которыми занимается радиобиология, радиационная генетика, как часть Life science — наук о Жизни».

*Материал подготовила  
Ольга Тарантина*