

# Сделать космос обитаемым

Биологические исследования в ОИЯИ начались более 50 лет назад, и их интенсивность год от года возрастает. Почему биологическое направление развивается в физическом институте, какие задачи решают здесь ученые – об этом рассказал директор Лаборатории радиационной биологии ОИЯИ член-корреспондент РАН Евгений Александрович Красавин в состоявшейся 16 мая в музее ОИЯИ научно-популярной лекции, приуроченной к ежегодной акции «Ночь в музее».

## Предыстория

После запуска в 1957 году в СССР первого искусственного спутника Земли начались интенсивные исследования околоземного космического пространства, где был обнаружен очень сложный спектр ионизирующих излучений. И поскольку генеральный конструктор С. П. Королев планировал вскоре осуществить орбитальные пилотируемые полеты, а затем полеты на Луну и на Марс, требовалась оценка радиационной обстановки в космосе. Перед Академией наук была поставлена задача: оценить опасность космических ионизирующих излучений для биологических объектов. Исследования начали проводить специалисты Института медико-биологических проблем, затем к ним присоединились сотрудники других профильных институтов.

## Начало

В ОИЯИ первые эксперименты по облучению биологических объектов стали проводить на синхротроне в Лаборатории ядерных проблем в начале 60-х годов. Оказалось, что этот ускоритель генерирует протоны в том же диапазоне энергий (до 560 МэВ), что и космические протоны в околоземном пространстве. Радиобиологи из ИМБП работали совместно с физиками из ОИЯИ. По специальной программе цикл облучения получили большие белые крысы, потом обследовалось состояние этих животных.

Вообще, в тот период были проведены широчайшие исследования воздействия ионизирующих излучений на различные биологические объекты от клеток до организмов высокого уровня. Изучалось всё, что было необходимо для оценки биологической активности пучков протонов высоких энергий.

## Сектор

В 1978 году в Лаборатории ядерных проблем был создан сектор биологических исследований. Одна из центральных проблем в радиационной биологии того периода – проблема относительной биологической эффективности, поиск ответа на вопрос: почему различные виды ионизирующих излучений при одинаковых дозах вызывают различные биологические эффекты (например, при облучении живых клеток нейтронами количество хромосомных «поломок» в 5–10 раз больше, чем при равных дозах гамма-квантов). «Мы поставили эту задачу во главу угла, – вспоминает Е. А. Красавин, – и изучали, используя всю мощь имеющихся в нашем институте источников излучения».

До того ученые во всем мире проводили исследования исходя из предположки, что более тяжелые частицы выделяют больше энергии и это приводит к более тяжелым «поломкам» в облучаемых биологических образцах.

«Мы показали, – отмечает докладчик, – что это одна сторона медали, а вторая основана на том, что клетки различных типов обладают разной способностью к репарации повреждений генетических структур. Мы это обнаружили, рассчитали, проверили экспериментально и построили модели – проблема была решена». Оказалось, что в основе этой



После лекции Е. А. Красавин ответил на вопросы



В ОИЯИ проводится международная конференция по космической радиобиологии

специфики лежат разные типы повреждений ДНК: если при электромагнитном излучении повреждения одиночные, то при воздействии тяжелых ионов повреждается сразу большой участок ДНК, восстановить такие «кластерные» нарушения клетке не под силу. Эти эффекты, впервые обнаруженные учеными ОИЯИ, поначалу были встречены «в штыхы», а сейчас во всем мире проводятся конференции по данной тематике, а вышедшая тогда монография стала настольной книгой у специалистов.

## Отдел

В 1988 году в Лаборатории ядерных проблем был создан отдел биофизики. Главной его задачей явилось изучение механизмов мутагенного действия ионизирующих излучений. «Задача архисложная, – отмечает выступающий, – она касается исследования особенностей организации генетических структур, феноменологии и механизмов их изменения при определенных условиях».

В биологической науке мутации разделяют на два типа – генные и структурные. Генные – это изменения структуры генетического кода, когда нарушаются триплеты, кодирующие определенные аминокислоты, из которых строятся белки. Структурные мутации основаны на другом молекулярном событии – нарушении структуры хромосомы при изменении белка.

Закономерности формирования генных мутаций при разных типах излучений изучала созданная в отделе международная группа ученых. Использовались различные подходы, создавались уникальные методики и системы для фиксации генных нарушений в живых клетках. По итогам работы была написана монография.

## Отделение

«И на базе этих успехов мы двинулись дальше, – рассказывает Е. А. Красавин. – В 1995 году было создано отделение радиационных и радиобиологических исследований – прообраз лаборатории. В состав отделения вошли отдел биофизики ЛЯП и отдел радиационных исследований и радиационной безопасности». Теперь изучение мутационных процессов проводилось в полном объеме – не только на микроорганизмах, но и на клетках высших организмов, включая клетки

человека». При действии разных типов излучений возникают нестабильные и стабильные хромосомные aberrации. Нестабильные – это грубые деструктивные изменения хромосом. Клетки, получив такие повреждения, не могут делиться и погибают. Важно изучать стабильные хромосомные aberrации, так называемые транслокации, когда между хромосомами происходит обмен генетическим материалом. Именно эти нарушения являются молекулярной основой возникновения многих раковых заболеваний. Под микроскопом такие обмены не видны, и для их изучения в Дубне применяли собственную «хитрую» методику, позволяющую увидеть и просчитать опасные хромосомные нарушения.

## Лаборатория

В 2005 году в ОИЯИ была создана Лаборатория радиационной биологии. «Удалось в этот период математически описать и создать модель образования генных мутаций при действии ультрафиолетового света для бактериальных клеток – это впервые в мире было сделано и впервые в мире удалось отразить взаимосвязь передачи энергии в генетическую структуру с вероятностью закрепления повреждения в мутации, – отмечает Е. А. Красавин. – Последнее по времени наше достижение – метод, который позволяет оценивать в отдельных клетках не только интеграл повреждений, но также количество и топографию разрывов в генетических структурах клеток человека».

## Марс

Такого рода исследования сегодня ведутся в рамках подготовки пилотируемого полета на Марс. Лететь к соседней планете при современных ракетных двигателях примерно год. На околоземной орбите космонавты летают по году, но это возможно лишь потому, что магнитное поле Земли служит защитой от галактического космического излучения. Вне этого поля космический корабль и его экипаж будут подвергаться вредоносному действию этого излучения, в основном состоящего из ионов кальция и железа с энергией 300–500 МэВ на нуклон.

Последствия, которые прогнозируются при воздействии галактического излучения на человека:

- генетические нарушения;
- нарушения работы центральной нервной системы;
- нарушения зрительных функций.

Предварительные расчеты показывают, что за время полета к Марсу от 13 до 46 % нейронов головного мозга могут испытать «бомбардировку» галактическими частицами. Операторские функции экипажа могут быть серьезно нарушены – предостерегают ученые.

Поведенческие нарушения изучались на крысах, а осенью прошлого года были проведены первые опыты по облучению обезьян. «Дозы небольшие, обезьяны чувствуют себя хорошо, всё время есть хотят», – успокаивает слушателей Евгений Александрович. Специалисты наблюдают за животными, полученные данные обрабатываются, зафиксированы первые отклонения (есть тонкая методика их определения по характеру движений глазных яблок, отражающих работу глубоких слоев мозга). Работы ведут совместно специалисты ЛРБ ОИЯИ, Института высшей нервной деятельности РАН и кафедры высшей нервной деятельности МГУ.

## Надо лететь

Увеличивать толщину стенок космического корабля не только бесполезно, но даже вредно: при прохождении через плотный материал частицы высоких энергий будут создавать поток новых частиц – «осколков» этого материала.

Сегодня доминирует идея: надо лететь быстрее. И работы над ее осуществлением тоже ведутся. Но воздействия галактического излучения экипажу в любом случае не избежать. И потому радиобиологические исследования в ОИЯИ крайне актуальны, тем более что потоки частиц с галактическим уровнем энергий хорошо моделирует нуклотрон, действующий в Лаборатории физики высоких энергий.

В задачи на перспективу, кроме полета на Марс, входят создание лунной базы и полеты на астероиды. Зачем это надо? Не только затем, чтобы сделать космос обитаемым. Если будут найдены признаки существования или остатки форм разумной жизни – мировоззрение человечества кардинально изменится.

Подготовила Анна Алтынова,  
фото Галины Мьялковской  
и Елены Пузыниной