

*Борис Булюбаи*

# Фосфены

## И освоение КОСМОСА



О фосфенах — световых вспышках, фиксируемых при закрытых глазах, — впервые рассказали после своего полета на Луну в 1969 году астронавты Эдвин Олдрин и Нил Армстронг. НАСА отнеслось к их рассказам со всей серьезностью и провело специальное исследование. Результатом его стал вывод о том, что за вспышки с большой вероятностью несут ответственность быстро движущиеся частицы космических лучей. НАСА также решило отнести фосфены к факторам риска космических полетов. Сами астронавты по этому поводу особенно не беспокоятся. Более того, астронавт Европейского космического агентства Кристер Фуглезанг рассказывает о счастье, испытанном в тот момент, когда, перемещаясь в спальном мешке в пространстве корабля, он внезапно увидел белые пятна, окруженные

красивым гало. Пятна быстро исчезли из поля зрения... Кристер уже был слышан о таинственных вспышках от коллег-астронавтов и наконец-то увидел их сам!

Как считает Ливио Наричи из Национального института ядерной физики в Риме, при попадании частиц космических лучей в мозг они возбуждают те его участки, которые отвечают за визуализацию. Наричи называет несколько причин, по которым фосфены следует рассматривать как фактор риска.

Во-первых, замечает он, у нас нет (и не может быть) никакой информации об отсроченных последствиях вспышек для здоровья астронавтов. Более-менее понятно одно: фактор риска явно меньше для экипажей шаттлов или МКС — от заряженных частиц их защищает магнитное поле

Земли. Для тех же, кто в течение нескольких месяцев будет лететь на Марс, он может оказаться достаточно высоким.

Во-вторых, у нас нет ответа на весьма важный вопрос: как фосфены влияют на остальные органы чувств космонавтов? Если частицы космических лучей действительно оказывают воздействие на зрительную кору головного мозга, то точно так же они могут действовать и на другие его участки, что может проявиться в необычных запахах или в звуках... Безобидные в повседневной жизни, они могут стать весьма серьезным фактором риска, если их появление совпадет во времени со взлетом или посадкой космического корабля.

Несомненно одно — появление фосфенов отмечают почти все астронавты и космонавты. Опрос показал, что загадочные вспышки видели восемь из десяти астронавтов и что обычно фосфены появляются при закрытых глазах, причем 12 из 59 опрошенных сказали, что вспышки мешали им спать. При ярком освещении и открытых глазах вспышки видели всего три респондента, и никто из участников опроса не упоминал о каких-либо запахах или о вкусовых ощущениях.

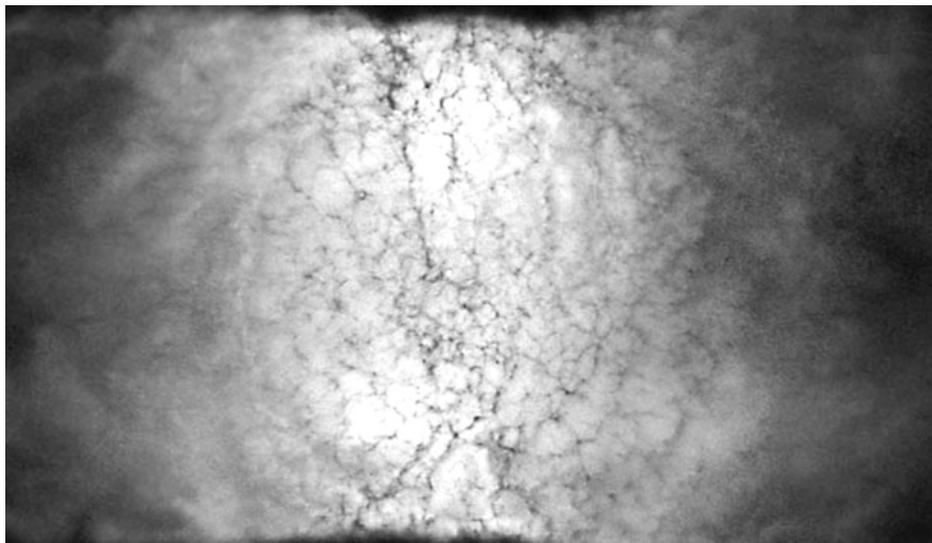
Каков же механизм появления фосфенов? Как считают эксперты НАСА, речь может идти об известном физикам черенковском излучении. Попадающие в глаз астронавта частицы космических лучей движутся со скоростью, близкой к скорости света в вакууме ( $c$ ); если эта скорость превысит скорость света в глазном яблоке (численное значение которой меньше  $c$ ), то частицы станут источниками электромагнитного излучения. Эмпирическая проверка этой гипотезы была осуществлена следующим экстравагантным образом. В 70-х годах прошлого столетия Петер МакНалти и его коллеги просто подставили свои головы под пучок мюонов от ускорителя, после чего обменялись ощущениями. Извещенная о предстоящем эксперименте, администрация университета, несмотря на все сомне-

ния, все же разрешила его проводить, оставив, однако, условие: объектами исследования могут быть только преподаватели. В итоге аспиранты управляли ускорителем; профессора же — по их собственному желанию — успешно выступили в роли подопытных кроликов.

Эти эксперименты позволили установить, что за некоторые вспышки действительно было ответственно черенковское излучение. Однако объяснять таким образом происхождение всех вспышек было бы неверно. Действительно, когда скорость частиц снижалась до значений, при которых черенковское излучение прекращается, фосфены полностью не пропадали. МакНалти считает, что в таких случаях частицы проникают в находящиеся за глазом нервные клетки и возбуждают кратковременный электрический ток незначительной интенсивности. Мозг же, по всей видимости, интерпретирует такие токи как световые вспышки.

Однако в официальном отчете об экспериментах МакНалти и его коллег была включена, как оказалось, не вся информация. Беседуя с участниками этих экспериментов, Ливио Наричи выяснил, что некоторые из них, находясь под облучением, ощущали странные запахи. По сравнению со световыми вспышками этот эффект казался им несущественным и они не упомянули о нем в своих отчетах. В то же время этот факт может означать, что возникновение фосфенов сопровождается не вполне понятными процессами в находящейся в передней части мозга обонятельной луковице.

Отдадим должное Ливио Наричи: он не ограничился комментариями к чужим исследованиям и начал собственные уже на борту космического корабля. Программа экспериментов Наричи и его коллег состояла в следующем. Астронавты, участвующие в эксперименте, носили специальные шлемы; на внешней поверхности шлемов размещалось шесть детекторов элементарных частиц. Заметив световую вспышку, астронавт немедленно нажимал специальную кнопку,



показания же детекторов позволяли установить, в каком направлении двигались попадающие в головной мозг частицы космических лучей. Анализируя эту информацию, исследователи выявляли (либо не выявляли) корреляции между появлением фосфенов и регистрацией частиц детектором. Они также устанавливали, движутся ли эти частицы непосредственно в глаз или их мишенью является оптический нерв, либо, возможно, область зрительной коры головного мозга.

На станции «Мир» такие эксперименты показали: в течение 26 часов космонавт наблюдал — естественно, речь идет об усредненных данных — 233 вспышки. В то же время следующая серия экспериментов, уже на МКС, позволяет говорить только о 20 вспышках в течение 7 часов. Необходимо учитывать, что через глаза астронавтов за одну минуту проходит в общей сложности около 20 частиц, а, следовательно, невозможно соотносить данную вспышку с какой-либо определенной частицей. Эксперименты усложняются, и в последней их модификации шлем снабжен также электродами, соединенными с электроэнцефалографом. Мы получаем, таким образом, возможность постоянного мониторинга мозговой деятельности и, если эксперименты пройдут

удачно, сможем установить, какие именно участки мозга астронавтов возбуждаются при регистрации фосфена.

Проводя эксперименты на околоземной орбите, Наричи не оставляет без внимания лаборатории на Земле. Он, в частности, использует мощности синхротрона, находящегося в Дармштадте Общества по изучению тяжелых ионов. Получаемые с помощью синхротрона пучки атомов углерода используются для облучения больных с опухолями мозга, и многие из таких больных отметили, что видели фосфены. Прекрасно понимая, что проблема фосфенов является междисциплинарной, Наричи подключил к ее обсуждению химиков, поставив перед ними вопрос о природе химических реакций в светочувствительном белке родопсине. Родопсин играет ключевую роль в механизме зрительного восприятия, и Наричи заинтересовался, могут ли такие реакции быть «запущены» попадающими в него заряженными частицами. «Проблема фосфенов напоминает айсберг», — говорит итальянский физик. Откроется ли нам подводная часть этого айсберга до начала лунных и марсианских экспедиций, сможем ли мы определить, насколько опасны для их участников загадочные вспышки?