

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-67I(6I)-83

А.Б.АКОПОВА, Н.В.МАГРАДЗЕ, А.А.МОИСЕЕНКО,
С.Х.МУРАДЯН, К.М.ОВНАНЯН

МЕТОД ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПРОЯВЛЕНИЯ ТОЛСТОСЛОЙНЫХ
ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

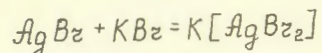
Одним из отрицательных факторов космического полета, воздействующих на человека в околоземном пространстве, является наличие в космосе интенсивного ионизирующего излучения, обуславливающего значительный биологический эффект. Поэтому успешная защита космонавта немыслима без тщательного анализа состава ионизирующего излучения и без знания характеристик биологического действия, оказываемых различными компонентами его, что позволяет оценить дозу радиации и принять специальные меры защиты в планируемых полетах.

До настоящего времени задача оценки дозы радиации решалась с помощью системы различных электронных и трековых детекторов, обеспечивающих в сочетании возможность регистрации частиц в широком диапазоне ионизационных потерь $[I]$, что, однако, связано с определенными техническими трудностями и экономической невыгодностью, учитывая использование такой системы на борту искусственных спутников Земли (ИСЗ).

В этой связи нами была предпринята попытка создания единого типа детектора малого веса, представляющего собой ядерную эмульсию с возможностью регулирования порогов регистрации ее в широ-

ком интервале ионизационных потерь, что и явилось целью настоящей работы.

В качестве фактора, способного управлять порогом регистрации был первоначально использован бромид калия, который, как известно [2], в больших концентрациях тормозит скорость проявления скрытого изображения (СИ). Однако ввиду образования в результате реакции

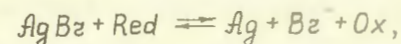


интенсивной дихроической вуали на поверхности слоя, затрудняющей микроскопический просмотр слоев, нами был разработан принципиально новый метод введения брома в рабочий слой, в котором предполагалось получить избирательное проявление интересующих нас треков в условиях интенсивного фона постороннего излучения. Источником брома служат предварительно экспонированные светом эмульсионные слои, так называемые "эммитеры". Экспонирование их осуществляется светом длиной волны в области спектральной чувствительности $AgBr$ микрокристаллов лампы накаливания со стабилизированным напряжением через осветитель "Белорусь". Контроль за освещенностью ведется с помощью откалиброванного по фототоку фотосопротивления ФСК-П7, смонтированного в экран, на котором помещаются "эммитеры".

После заданной засветки "эммитеры" приклеиваются 2% желатиновым клеем засвеченными сторонами к поверхностям рабочего слоя, и образовавшийся трехслойный "сэндвич" (по 200 мкм каждый) проявляется по режиму слоев толщиной 600 мкм. Следует отметить, что после стадии проявления "эммитеры" отклеиваются от рабочего

слоя и далее вся фотографическая обработка продолжается по режиму 200 мкм слоев.

В процессе проявления из "эммитеров" выделяется Br^- по известной реакции



где Red - отрицательный ион проявляющего вещества, обладающий большой восстановительной способностью,

Ox - окисленная форма проявляющего вещества.

Число ионов брома, выделяющихся из кристаллической решетки $AgBr$, согласно работе [3] составляют $\sim 1,5 \cdot 10^{11}$ с 1 см^2 проявленного слоя, подвергнутого светом нормальной экспозиции. В нашем же случае, когда величина освещенности достигает до 3000 лк/с в процессе образования видимого изображения проявитель способствует выделению из "эммитеров" огромного количества ионов Br^- , которое и используется нами для торможения скорости проявления рабочего слоя.

Ионы Br^- диффундируют из "эммитеров" в рабочий слой, находящийся в середине "сэндвича" и, адсорбируясь на зародышах СИ создают отрицательный барьер на их поверхностях. Ионы проявителя, будучи отрицательно заряженными, с трудом преодолевают этот зарядовый барьер, что и приводит к торможению скорости проявления СИ за счет увеличения продолжительности индукционного периода проявления, на скорость которого ионы Br^- оказывают сильное влияние [4].

Так как индукционный период для крупных и мелких центров СИ, образованных сильно- и слабоионизирующими частицами, различается весьма сильно, создаются условия хорошей дискриминации тре-

ков частиц и избирательного проявления частиц с большими ионизационными потерями на фоне частиц с малыми dE/dx . Это свойство брома действовать селективно на различные ЦСИ и было использовано нами для разработки метода регулирования регистрирующей способности ядерной эмульсии по ионизационным потерям заряженных частиц.

Количество Vz^- , поступающего в процессе проявления из "эмиттеров", зависит от количества образованных в результате засветки центров СИ в них и растет с ростом их экспозиции. По полученным экспериментальным данным построена характеристическая кривая, представленная на рис. I по зависимости $D_9 = f(\lg H)$, где D_9 - величина оптической плотности "эмиттера", измеряемая по окончании фотографической обработки его с помощью денситометра типа ДФЭ-10, H - задаваемая экспозиция "эмиттера". Точка выхода этой кривой на плато определяет верхний предел применимости данной методики, поскольку с дальнейшим увеличением экспозиции величина D_9 остается постоянной, а следовательно, остается неизменным и количество Vz^- , тормозящего скорость проявления. Тем не менее, наличие плато не ограничивает получение высоких значений порогов регистрации, так как количество Vz^- , выделяющегося до наступления момента насыщения, уже обеспечивает достижение максимального значения порога $> 2,0 \cdot 10^4$ МэВ/см, когда в эмульсионном слое проявляются только следы тяжелых и сверхтяжелых ядер.

Учитывая зависимость D_9 от экспозиции, следовало бы в качестве фактора, характеризующего наблюдаемый эффект снятия постороннего изображения, принять величину экспозиции. Однако несовершенство технологии изготовления ядерных эмульсий, обуслов-

ливающее поверхностный налет с разбросом оптической плотности до $D = \pm 0,5$ в слоях в процессе их полива, приводит к аналогичному разбросу величины D_9 при одних и тех же значениях экспозиции. В этой связи в качестве такого фактора принята не экспозиция, а величина оптической плотности "эмиттера", получаемая в каждом конкретном случае экспонирования его.

Для установления связи между D_9 и пороговым значением dE/dx проведена калибровка ядерных эмульсий α - частицами и C^{12} с $E = 1,26$ и $4,6$ ГэВ/н, соответственно, а также ионами C^{12} , Ne и α - частицами с $E = 9,1$ МэВ/н, ускоренными в ЛВЭ и ЛЯР ОИЯИ, что позволило работать в широком диапазоне ионизационных потерь ($24 \div 2,7 \cdot 10^4$ МэВ/см).

Оказалось, что при минимальных значениях D_9 в первую очередь разрушаются мелкодисперсионные центры СИ, образованные слабоионизирующим излучением, а с ростом его наблюдается постепенное разрушение и центров от сильноионизирующих частиц, за счет чего резко увеличивается прозрачность рабочих слоев, длительно экспонированных в космосе и тем самым облегчается их микроскопический просмотр.

В калибровочных слоях при $D_9 = 1,4$ наблюдается полное исчезновение следов релятивистских α - частиц при одновременном сохранении следов энергичных ионов C^{12} , в то время как при $D = 2,2$ переходят в зерновой фон вуали следы C^{12} , имеющие $dE/dx = 200$ МэВ/см.

Итак, в первом случае порог регистрации эмульсии > 24 МэВ/см, а во втором - более 200 МэВ/см, что оценивается по ионизационным потерям исчезнувших следов α - частиц и C^{12} , соответственно. Дальнейший рост величины D_9 приводит к получению в эмульсии

более высоких порогов регистрации частиц, вплоть до $dE/dx \sim 10^4$ МэВ/см, необходимых для решения поставленной задачи. Следует отметить, что указанное снятие постороннего фона наблюдается по всему объему эмульсионного слоя при высокой степени равномерности эффекта по глубине его.

На основании экспериментальных исследований получена калибровочная кривая (рис.2), с помощью которой для заданных значений D_3 легко определяется величина порога регистрации рабочего слоя. Достоверность приведенной калибровочной кривой подтверждается экспериментальными точками (обозначенными на кривой крестиками), полученными по сокращению пробега малоэнергичных ионов C^{12} , Ne^{20} и α - частиц в соответствии с известной зависимостью $R_{ост} = f(E)$.

Полученная калибровочная кривая успешно использована для измерения спектра линейных передач энергии частиц в эмульсионных слоях типа БЯ-2, экспонированных на ИСЗ-Космос II29, за защитой 20 г/см^2 при продолжительности полета 20 суток на высоте 405 км. По измеренным значениям потоков частиц для шести различных порогов в интервале $dE/dx = 24 \div 1,2 \cdot 10^4$ МэВ/см оценена мощность поглощенной дозы радиации в биологической ткани.

Таким образом, можно считать, что регулирование регистрирующей способности ядерной эмульсии, достигаемое избирательным проявлением ее, позволит использовать слои ядерной эмульсии на космических аппаратах с целью определения важнейших характеристик космического излучения, что до последнего времени осуществлялось с помощью системы электронных и различных твердотельных трековых детекторов.

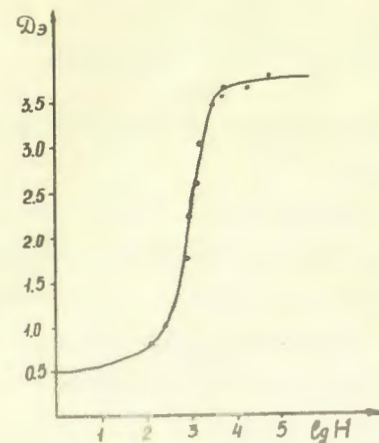


Рис.1 Характеристическая кривая.

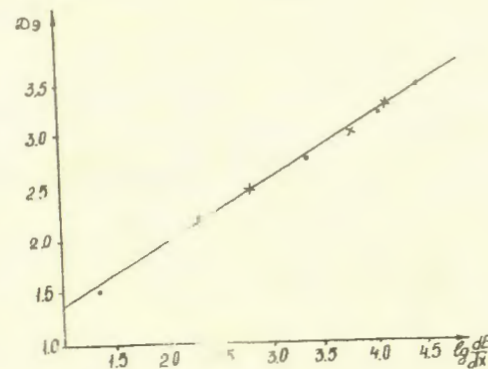


Рис.2 Калибровочная кривая зависимости порога регистрации эмульсии от оптической плотности "эмиттера".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалев Е.Е. Радиационный риск на земле и в космосе. М.: Атомиздат, 1976.
2. Новикова Н.Р., Рожков Е.С. Влияние антиувалирующих веществ на размер и структуру серебра проявленного изображения в автордиографических эмульсиях. Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии, 1977, т.22, вып. I, с. 10-14.
3. Катушев Я.М., Шеберстов В.И. Основы теории фотографических процессов. Л.: Лепром, 1944.
4. Миз К., Джеймс Т. Теория фотографических процессов. Л.: Химия, 1973.

Рукопись поступила 20 июня 1983 года

Редактор Л.П. Лукаян
Тех. редактор А.С. Абрамян

Заказ 292

ВФ- 04156

Тираж 270

Препринт ЕФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 20/IX-83

0,5 уч.-изд.л.Ц.б к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркарьяна 36