

Преинт ЕФИ-945(96)-86.

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

А.Б.АКОПОВА, Н.В.МАГРАДЗЕ, А.А.МОИСЕЕНКО,
К.М.ОВНАНЯН, Т.С.ЧАЛАБЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЯЕМОЙ ЯДЕРНОЙ ЭМУЛЬСИИ

ЦНИИАтоминформ

ЕРЕВАН-1986

Ա.Բ. ԱԿՈՊՈՎԱՆ, Ն.Վ. ՄԱԳՐԱԶԵ, Ա.Ա. ՄՈՒՍԵՅԵՆՅԱՌ,
Կ.Մ. ՀՈՎՆԱՆՅԱՆ, Տ.Ս. ՉԱԼԱԲՅԱՆ

ՂԵԿԱՎԱՐԵԼԻ ՄԻՋՈՒԿԱՅԻՆ ԷՄՈՒԼՍԻԱՅԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ ՄԻ ԶՐԱՆԻ
ՀԱՐՑԵՐ

Մշակված է 400 մկմ հաստուճյամբ ԵՐ և ԵՄ տիպի միջուկային էմուլսիաների զգայունությունը դեկավարելու մեթոդիկա: ՄՀՄԻ ՄՓԼ և ԲԵԼ-ում արագացված հելիումի, ածխածնի, ազոտի միջուկների Ռոդան հեքերի վրա կատարած տրամաչափական փորձը զույգ սկզբ, որ 400 մկմ հաստուճյամբ շերտերը կարելի է օգտագործել որպես դեկավարելի շեմքով դեռեկոորներ՝ լիզքավորված մասնիկների իոնիզացիոն կորուստների գրանցման $\frac{dE}{dR} = 10^1 - 10^4$ ՄԷՎ/սմ տիրույթում: Ընտրված է երևակված շերտերի քիմիական օքսիդացման ռեժիմ, որը ՌույԼ է տալիս տիեզերակա լիզքավորված մասնիկների էներգիայի գծային փոխանցման սպեկտրները ստանալ միջուկային էմուլսիայի շերտերում ինտենսիվ օտար Ֆոնի տեկայունության պայմաններում: Նախօրոք կատարված այն աշխատանքների հիման վրա, որոնք կատարվել են ԿՈՄՐՈՍ-1571 արժանյակի վրա տեղադրված միջուկային էմուլսիաների համաքի վրա, որոշվել է կլենված ճառագայթման հզորությունը՝ 22,1 մոադ/համօրյակում:

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտ

Երևան 1986

A.B. AKOPOVA, N.V. MAGRADZE, A.A. MOISEENKO,
K.M. HOVMANYAN, T.S. TCHALABYAN

ON SOME ASPECTS OF CONTROLLABLE NUCLEAR EMULSION

A technique for the control of sensitivity of 400 m-thick 3R- and BYA-type nuclear emulsion is developed. A calibration experiment has been carried out on traces of helium, carbon, nitrogen nuclei accelerated at LJI and LHE JINR, allowing for the use of 400 m-thick layers as detectors with controllable threshold of registration in the charged particles ionization losses range of $\frac{dE}{dR} = 10^1 - 10^4$ MeV/cm. A chemical oxidation regime of the developed layers is chosen which permits to obtain the LET spectra of cosmic-ray charged particles in the nuclear emulsion layers at an intensive outside background. Based on the previous works in a nuclear-emulsion stack exposed on board of "Kosmos-1571" satellite, the intensity of the absorbed radiation dose of 22.1 mrad/day has been determined.

Yerevan Physics Institute

Yerevan 1986

УДК 539.1.073.7

А.Б.АКОПОВА, Н.Б.МАГРАДЗЕ, А.А.МОИСЕЕНКО,
К.М.ОВНЯНЯН, Т.С.ЧАЛАБЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЯЕМОЙ ЯДЕРНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Разработана методика управления чувствительностью ядерной эмульсии типа БР и БЯ толщиной 400 мкм. Проведен калибровочный эксперимент на следах ядер гелия, углерода, азота, ускоренных в ЛЯР и ЛВЭ ОИЯИ, показавший возможность использования 400 мкм слоев в качестве детектора с регулируемым порогом регистрации в интервале ионизационных потерь заряженных частиц $\frac{dE}{dR} = 10^1 - 10^4$ МэВ/см. Выбран режим химического окисления проявленных слоев, позволивший получить спектры ЛПЭ заряженных частиц космического излучения в слоях ядерной эмульсии при наличии интенсивного постороннего фона. На основании проделанных работ в стопке слоев ядерной эмульсии, экспонированной на ИСЗ "Космос-1571", определена мощность поглощенной дозы радиации, равная 22,1 мрад/сут.

Ереванский физический институт

Ереван 1986

Разработанная ранее методика управляемой ядерной эмульсии (УЯЭ) на основе проявления трехслойных сэндвичей [1], в которых рабочий слой размещен в контакте с двумя эмульсионными эмиттерами, предварительно экспонированными актиничным светом, позволила использовать эмульсию типа БР и БЯ толщиной 200 мкм в качестве управляемого по ионизационным потерям $\left(\frac{dE}{dR}\right)$ трекового детектора. С помощью УЯЭ в последние годы на ИСЗ серии "Космос" были определены такие характеристики космического излучения (КИ), как: спектры линейной передачи энергии (ЛПЭ) заряженных частиц в диапазоне $\frac{dE}{dR} \sim 10^1 - 10^4$ МэВ/см, интегральный зарядовый спектр останавливающихся многозарядных ядер и заряд частиц с $Z \geq 2$ методом счёта зерен вдоль следа частицы [2,3].

Однако для определения Z высокоэнергичных ядер, при котором необходимо измерение плотности зерен (N) на достаточно протяженных (> 1 г/см²) отрезках следа с целью получения статистически достоверных постоянных значений N , указанная толщина слоев недостаточна. Целью данной работы явилось дальнейшее развитие метода УЯЭ, в частности, разработка оптимального режи-

ма проявления 400 мкм слоев, в которых вероятность регистрации длиннопробежных частиц гораздо выше, чем в 200 мкм слоях.

Как было показано в [4], в качестве регулятора порога чувствительности используется дозированное введение ионов брома (Br^+) в рабочий слой из эмиттеров по обе его стороны, чем и достигается желаемая степень торможения процесса проявления. Для достижения торможения процесса проявления по всему объему 400 мкм эмульсионного слоя при оптимальном соотношении плотности зерен следа и плотности вуали был применен двухтемпературный режим проявления с сухой теплой стадией: длительность и температура холодной и теплой стадий составляла по 80 мин при 5 и 24°C соответственно.

Как видно из рис.1, характер проявления следов ядер гелия с энергией 3,6 ГэВ/нуклон, ускоренных в ЛВЭ ОИЯИ в 400 мкм рабочем слое, обработанном при указанном режиме, аналогичен характеру проявления всего объема контрольного слоя, обработанного по стандартной технологии НИКФИ, за исключением приповерхностных областей, не превышающих 10 мкм глубины, где наблюдается спад плотности зерен. Указанный градиент N по следу, вызванный неравномерным распределением диффундирующих ионов брома, обусловлен не большой толщиной слоя, а, как было показано в предыдущей работе [4], свойствен методу УЯЭ независимо от толщины используемых рабочих слоев (рис.2). При проведении работ в отдельном слое эмульсии области пониженного эффекта проявления центров скрытого изображения не существенны, поскольку длина следа в остальном равномерно проявленном объеме достаточна для оценки характера ионизации заряженной частицы, ответственной за след. При прослеживании длиннопробежных частиц, пересека-

ющих стопку слоев ядерной эмульсии, независимое определение заряда в слоях с различными порогами регистрации повышает точность идентификации z [5], поэтому восстановление характера проявления по всему объему слоя в этом случае существенно, так как облегчает прослеживание следов и устраняет возможную ошибку приписания постороннего следа искомому при совмещении точки выхода из предыдущего с точкой входа в последующий слой. На примере 200 мкм слоя показана принципиальная возможность устранения неравномерности проявления путем переноса градиента концентрации $V\gamma$ в тонкую желатиновую прокладку толщиной 100 мкм, помещаемую между эмиттерами и УЯЭ с обеих сторон на стадии проявления (рис.2). Обработка полученного сэндвича ведется по временному режиму 400 мкм слоев.

Калибровочная зависимость порога регистрации 400 мкм слоев от плотности почернения эмиттеров (D_0), являющейся количественной характеристикой эффекта торможения [6], представленная на кривой 2 рис.3, была получена по полному исчезновению следов релятивистских ядер гелия и углерода и по укорочению следов малоэнергичных ($E = 9$ МэВ/нуклон) ядер гелия, углерода и азота, ускоренных в ЛЯР ОИЯИ, используя зависимость остаточного пробега от ионизационных потерь. Данная калибровочная зависимость в сочетании с полученной прежде для 200 мкм слоев (кривая 1, рис.3) позволяет проводить независимое определение заряда частиц КИ в каждом отдельно взятом слое из комбинированной стопки УЯЭ, состоящей из 200 и 400 мкм слоев, порог регистрации которых можно варьировать в диапазоне $\frac{dE}{dR} \sim 10^1 - 10^4$ МэВ/см.

Точность определения порога в методе УЯЭ равна $\pm 10\%$. Разрешающая способность метода показана на рис.4, где приведено

распределение плотности зерен вдоль следов останавливающихся в эмульсии ядер гелия для 200 и 400 мкм слоев с порогами регистрации 520 и 660 МэВ/см соответственно.

На основании проделанного калибровочного эксперимента в стопке, состоящей из разнотолщинных слоев ядерной эмульсии, экспонированной на ИСЗ "Космос-1571", был определен методом счета зерен [3] заряд высокоэнергичной частицы в двух слоях с указанными порогами. Полная длина пробега в двух смежных слоях составила 13 г/см^2 . Подсчитанное количество зерен на каждом 100 мкм отрезке дало значение среднеквадратичной ошибки измеренной плотности зерен $\pm 0,5$. Сопоставление определенной плотности зерен с зависимостью $N = f\left(\frac{dE}{dR}\right)$, полученной из калибровок, позволило приписать проходящей частице заряд $Z = 12$.

Таким образом, использование 400 мкм слоев позволяет существенно расширить область применения метода УЯЭ в исследовании характеристик КИ.

Одной из важных характеристик заряженных частиц КИ являются спектры ЛЯЭ, на основании которых определяется поглощенная доза радиации. Для расчета дозы, обусловленной всей совокупностью ионизирующих частиц, необходимо расширение уже достигнутого методом УЯЭ диапазона порогов регистрации $\frac{dE}{dR} = 3 \times 10^1 - 5 \times 10^4 \text{ МэВ/см}$ на ИСЗ "Космос-1571" в сторону низких значений, что позволит оценить вклад высокоэнергичных протонов ($E > 40 \text{ МэВ}$), обуславливающих, в основном, дозу частиц КИ [7]. Однако интенсивный посторонний фон, приводящий к полной потере оптической прозрачности слоев ядерной эмульсии, не позволяет достигнуть значений $\frac{dE}{dR} < 30 \text{ МэВ/см}$ методом УЯЭ.

С целью снятия постороннего фона при условии сохранения

полного числа треков энергичных частиц нами был разработан оптимальный режим химического окисления уже проявленных слоев с использованием 4%-го раствора CuSO_4 при температуре 20°C . Изменением времени окисления (1 - 5 мин) достигалось просветление слоев, имевших исходную оптическую плотность почернения в интервале $D = 3 - 4$.

В результате проведенной работы был расширен интервал порогов регистрации до значения $\frac{dE}{dR} = 10 \text{ МэВ/см}$, что позволило определить мощность поглощенной дозы радиации, включая протоны с $E \leq 150 \text{ МэВ}$. Величина мощности дозы составила $22,1 \text{ мрад/сут}$, в то время как значение, полученное ранее с использованием метода УНЭ, равно $4,3 \text{ мрад/сут}$.

В заключение авторы выражают благодарность сотрудникам ИМБП МЭ СССР Дудкину В.Е. и Поттцову Ю.В. за предоставление стопки слоев ядерной эмульсии, экспонированной на ИСЗ "Космос-1571".

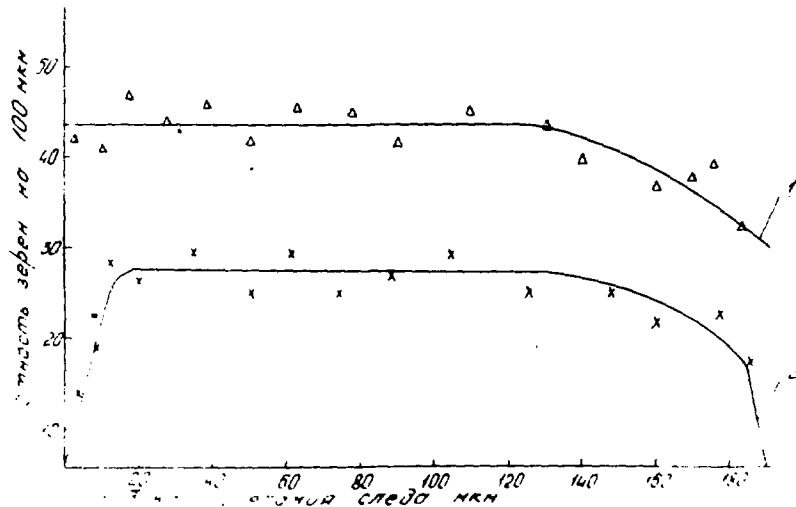


Рис. I Зависимость плотности зерен в следах релятивистских ядер гелия в контрольном (1) и рабочем (2) слоях

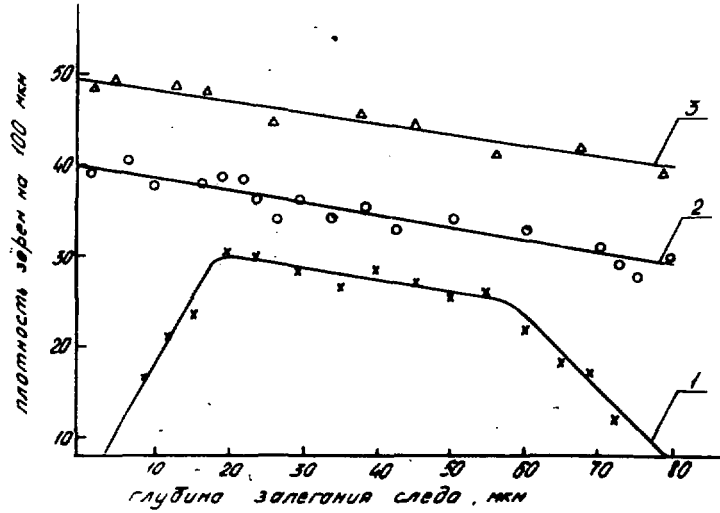


Рис.2 Влияние желатиновых прокладок на характер проявления следов релятивистских ядер гелия: I - рабочий слой без прокладок, 2 - рабочий слой с прокладками, 3 - контрольный слой

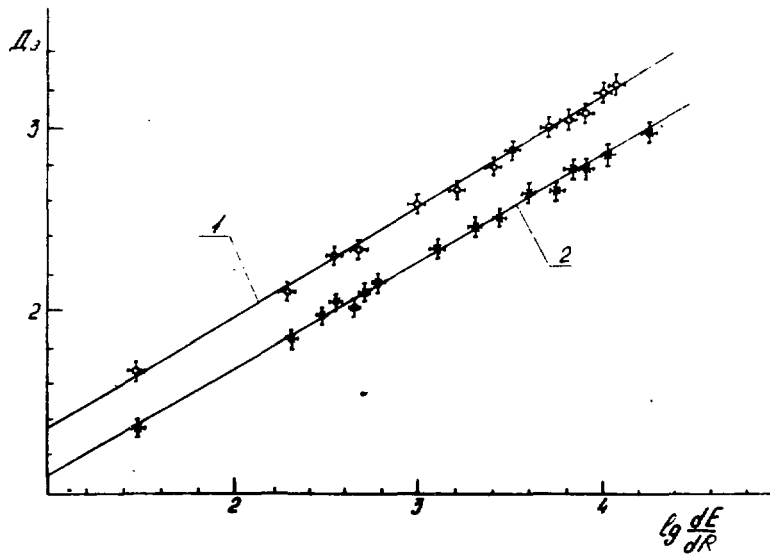


Рис.3 Калибровочные кривые зависимости порога регистрации от D_3 для слоев толщиной 200 мкм (1) и 400 мкм (2)

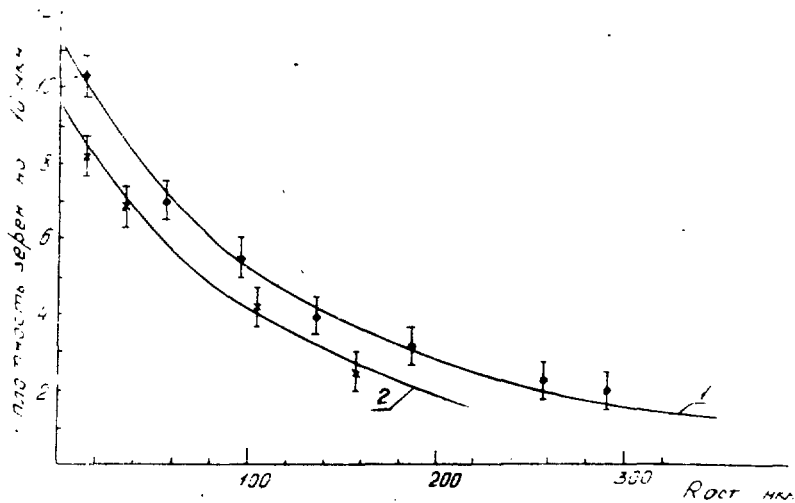


Рис.4 Зависимость плотности зерен от остаточного пробега на следах малоэнергичных ядер гелия в слоях УИЭ с порогами регистрации 520 МэВ/см (1) и 660 МэВ/см (2)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акопова А.Б., Амбарцумян В.Г., Маградзе Н.Н., Мелкумян Л.В. Способ регистрации интенсивных полей космического излучения с помощью ядерных эмульсий. А.с. 1057905. Б.И., 1983, № 44, с.175.
2. Акопова А.Б., Вихров А.И., Дудкин В.Е. и др. Измерение спектра линейных потерь энергии космического излучения на ИСЗ "Космос-1129". Космич.исслед., 1985, т.23, вып.3, с.479-481.
3. Akopova A.B., Arutjunian M.M., Magradze N.V. et al. On the Possibility of Charge Identification of Particles with $Z \geq 2$ by the Grain Calculation Regime in Nuclear Emulsions.- Book of Abstracts of 13th Intern.Conf., on Solid State Nuclear Track Detectors, Rome, 23-27 Sept., 1985, p.122.
4. Акопова А.Б., Арутюнян М.М., Картужанский А.Л. и др. Сэндвичные ядерно-эмульсионные системы эмиттер-регистратор-эмиттер с регулируемой чувствительностью. Препринт ЕФИ-803(30)-85, Ереван, 1985.
5. Даинтон А., Фаулер П., Кент Д. Наличие лития, бериллия и бора в первичном космическом излучении. В сб. Первичное космическое излучение. М.: ИЛ, 1951, с.59-75.
6. Акопова А.Б., Маградзе Н.В., Моисеенко А.А. и др. Метод избирательного проявления толстослойных ядерных эмульсий. Препринт ЕФИ-671(61)-83, Ереван, 1983.
7. Воробьев Е.И., Ковалев Е.Е. В кн. Радиационная безопасность экипажей летательных аппаратов. М.: Энергоатомиздат, 1983, с.47-56.

Рукопись поступила 4 ноября 1986 г.

А. Б. АКОПОВА, Н. В. МАГРАДЗЕ, А. А. МОИСЕЕНКО, К. И. ОВНЯНИН,

Т. С. ЧАЛАБЯН

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЯЕМОЙ ЯДЕРНОЙ ЭМУЛЬСИИ

Редактор Л. П. Мукчян

Технический редактор А. С. Абрамян

Подписано в печать 22/ХП-86 ВФ-12474 Формат 60x84/16

Офсетная печать. Уч. изд. л. 0.8 Тираж 299 экз. Ц. 8 к.

Зак. тип. № 663 Индекс

Отпечатано в Ереванском физическом институте
Ереван 36, Маркарян 2

индекс 3624



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ