

Препринт ЕФИ-1225(11)-90

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԶԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ  
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
YEREVAN PHYSICS INSTITUTE

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

ДИСКРИМИНАЦИЯ МНОГОЗАРЯДНЫХ ЧАСТИЦ  
ИЗ ИНТЕНСИВНОГО КОСМИЧЕСКОГО И  
АЛЬФА-ФОНА В ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ

ЦНИИатоминформ  
ЕРЕВАН-1990

Ա.Բ.ՀԱԿՈՐՈՎԱ, Կ.Մ.ՀՈՎՆԱՆՅԱՆ, Ն.Վ.ՄԱԳՐԱԶԵ

Ա.Ա.ՍՈՒՍԵՆԿՈՒ, Տ.Ս.ՉԱԼԱԲՅԱՆ

ԲԱԶՄԱԼԻՑԲ ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ԲԱԺԱՆՌԱՐԻ ԻՆՏԵՆՍԻՎ ՏԻԵԶԵՐԱԿԱՆ

ԵՎ ԱԼՖԱ ՖՈՆԻԾ՝ ՄԻՋՈՎԱՇԻՆ ԷՄՈՒԼՍԻԱՆԵՐՈՒՄ

Նկարագրված է բարձր ինտենսիվության տիեզերական և ալֆա ֆոնից  
ռժնդ իոնիզացնող մասնիկների բաժանման մեթոդիկա, որի հիմքում ընկած  
է թաքնված պատկերի արձաթի օբսիդացման ռեակցիան՝ գոյացնելով Ag  
Hal: Ցույց է տրված, որ  $D \geq 4$  օպտիկական խտություն ունեցող շերտերի մշա-  
կամը բրոմաջրի նոսրացրած լուծույթում կամ երևակիչում՝ հետագա լրա-  
ցույթի երևակելուց հետո, էմուլսիան պահպանում է ելքային կամ նրան մոտ  
զգայունակությունը:

Երևանի ֆիզիկայի ընստիտուտ

Երևան 1990



Препринт ЕФИ-1225(II)-90

УДК 539.1.073.7

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

ДИСКРИМИНАЦИЯ МНОГОЗАРЯДНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ИНТЕНСИВНОГО  
КОСМИЧЕСКОГО И АЛЬФА-ФОНА В ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ

В работе описана методика выделения сильноионизирующих частиц из космического и альфа-фона высокой интенсивности, в основе которой лежит реакция окисления серебра скрытого изображения с образованием  $\text{AgNa}^{\ominus}$ . Показано, что при обработке слоев с оптической плотностью  $D \geq 4$  раствором брома в воде или проявителе с последующим дополнительным проявлением эмульсия сохраняет исходную или близкую к ней чувствительность.

Ереванский физический институт

Ереван 1990

A.B. AKOPOVA, T.S. CHALABIAN, K.M. HOVNANIAN,  
N.V. MAGRADZE, A.A. MOISEENKO

MULTICHARGED PARTICLE DISCRIMINATION FROM THE COSMIC AND THE  
ALPHA BACKGROUND IN NUCLEAR EMULSIONS

A technique of separation of strongly ionizing particles from the cosmic and the alpha background of high intensity is described in this paper. The technique is based on the hidden-image-silver-oxidation reaction resulting in production of AgHal. It is shown that when treating films with optical density  $D \geq 4$  by the bromine solution in water or developer with a following additional development, the emulsion retains its initial sensitivity or one close to it.

Yerevan Physics Institute  
Yerevan 1990

Ядерная эмульсия является единственным твердотельным трековым детектором высокой чувствительности, способным регистрировать все попадающее на нее ионизирующее излучение. Однако использование ее для изучения физических процессов, сопровождающихся высоким уровнем фонового излучения, осложняется тем, что аккумулируемый ею фон быстро достигает своего предельного значения, вследствие чего эмульсия становится полностью непригодной для микроскопического анализа событий. Частным случаем подобных задач является регистрация осколков деления тяжелых ядер под действием пучков нейтронов и заряженных частиц или частиц космического излучения (КИ) при длительных экспозициях в открытом космосе, сопровождающиеся высоким уровнем фона, приводящего к полной потере прозрачности эмульсии. В подобных случаях наблюдение интересующих нас событий практически невозможно без ослабления или устранения сопровождающего фона. Именно поэтому на протяжении всей истории развития этого метода регистрации ионизирующего излучения ведутся поиски путей повышения дискриминирующей способности эмульсии [1].

Цель настоящей работы заключалась в разработке метода

обеспечивающей четкое выделение сильноионизирующих частиц из космического и альфа-фона высокой интенсивности.

В основе разработанной методики лежит реакция окисления серебра скрытого изображения (СИ) галогеном с образованием  $\text{AgHal}$ .

Галоген (бром) вводился в предварительно экспонированную эмульсию путем купания ее перед химико-фотографической обработкой в растворах брома в воде или амидловом проявителе нормальной концентрации и состава. Концентрация брома варьировалась в пределах от 2,5 до 10%.

Методика обрабатывалась на слоях эмульсии типа БР и БЯ, толщиной 200 мкм, экспонированных:

- ионами  $\text{Ne}$  с энергией  $\sim 9$  МэВ/нуклон и  $\alpha$  - частицами с энергией 5 МэВ при интенсивности  $10^8 - 10^9$  частиц/см<sup>2</sup>;

- космическим излучением на трассе орбитального космического комплекса ИСЗ "Космос-1443" - станция "Салют-7" в течение 265 суток.

Интенсивность фонового излучения при стандартных условиях обработки в обоих случаях обеспечивала оптическую плотность проявленных слоев  $D \geq 4$ , при которой эмульсия полностью непрозрачна.

Как видно из кривых 1-3 (рис.1), построенных для слоев, экспонированных ионами  $\text{Ne}$  и  $\alpha$  - частицами, купание их в 10%-ном водном растворе брома с последующим проявлением по стандартной технологии обработки приводит к просветлению слоев до уровня контрольного за 10 - 30 минут купания.

Одновременно с подавлением проявляемости фона, образованного  $\alpha$  частицами, в слоях наблюдается сокращение проявленной длины следов ионов  $\text{Ne}$  (рис.2), вплоть до их полного исчезновения при

длительности купания больше 30 минут. При этом проявившиеся участки следов ионов  $Ne$ , как это видно из микрофотографий, приведенных на рис.3, при малых длительностях купания имеют структуру, схожую со структурой следов низкоэнергетичных многозарядных частиц при стандартном методе обработки слоев, а именно: характерное расширение "ствола" следа в направлении, противоположном направлению движения частицы. С увеличением длительности купания прослеживается постепенное изменение структуры следов — они приобретают зернистый характер, присущий следам однозарядных частиц.

Наблюдаемый характер проявления слоев приводит к выводу о том, что проникновение галогена в эмульсионный слой — не простой диффузионный процесс: в условиях сильно экспонированной поверхностной области диффузия сопровождается частичным связыванием брома серебром  $Si$ , что приводит к уменьшению скорости диффузии и концентрации раствора.

Сокращение проявленной длины следов ионов  $Ne$ , с одной стороны, и характерное для следов многозарядных частиц малых энергий расширение "ствола", обусловленное вторичными  $\delta$ -электронами, с другой (рис.3), указывают на высокую концентрацию брома в приповерхностном слое эмульсии толщиной 10 — 15 мкм и практическое отсутствие его в остальном объеме. Такой характер распределения брома по объему эмульсии подтверждается кривыми просветления слоев, экспонированных в околослойном пространстве (кривые 4 — 6, рис.1). Поскольку в этом случае интегральная оптическая плотность эмульсии обусловлена  $Si$ , распределенным по всему объему слоя, отсутствие просветления при длительностях купания  $\leq 10$  минут (область, соответствующая плато на кривых)

можно объяснить малой глубиной проникновения брома в слой. С увеличением длительности купания от 10 до 30 минут наблюдается уменьшение оптической плотности, достигающее уровня  $\mathcal{D} = 1$ , при котором следы частиц КМ четко различимы на фоне вуали. При этом в приповерхностных областях глубиной до 30 мкм эмульсия практически полностью теряет способность к проявлению СИ, образованного как частицами КМ, так и зерновым фоном вуали. В остальном объеме слоя следы частиц КМ имеют структуру, соответствующую их структуре в контрольных слоях. Это позволяет утверждать, что если бром и успевает продиффундировать за время купания на всю глубину слоя, то его концентрация в объеме эмульсии настолько мала, что не сказывается на способности к проявлению даже мелкодисперсных центров, образованных  $\delta$  - электронами, т.е. эмульсия сохраняет исходную или близкую к ней чувствительность. Зависимость плотности зерен в следах частиц высоких энергий (с неизменной плотностью зерен вдоль проявившихся участков следов) космического происхождения от глубины залегания в слое, представленная на рис.4, подтверждает наличие мощного приповерхностного слоя брома и позволяет оценить его толщину, а протяженное плато указывает на равномерное проявление эмульсии во всем рабочем объеме.

Практически полное отсутствие изображения в приповерхностных частях эмульсии обеспечивает снижение оптической плотности слоев и возможность исследования низкоэнергетичной компоненты КМ в рабочем объеме эмульсии, однако оно приводит к сокращению проявленной длины следов, вследствие чего затрудняет идентификацию частиц методом измерения ионизации вдоль следов, а также "сшивание" следов частиц, проходящих через эмульсионную стопку.

В связи с этим была предпринята попытка уменьшения или устранения области пониженной чувствительности путем избирательного увеличения размеров центров СИ за счет одновременного действия брома и проявителя. С этой целью слои пропитывались не раствором брома в воде, а его раствором в амидоловом проявителе с последующим дополнительным проявлением по стандартной технологии обработки. В этом случае в слое на стадии купания одновременно протекают два процесса: с одной стороны, окисление серебра СИ бромом, с другой, — рост центров СИ за счет электронов проявляющего вещества. Суммарный эффект, заключающийся в полном отсутствии просветления слоев (рис. 5, кривая I), указывает на то, что при заданной концентрации брома в проявителе и заданных условиях обработки (проявления) процесс проявления доминирует над процессом окисления серебра СИ не только крупных центров, образованных ионами  $Ne$ , но и сравнительно мелких центров, образованных  $\alpha$  - частицами.

Снижение активности проявителя за счет его разбавления до 30 и 10%-ной концентрации при тех же условиях купания приводит при полном подавлении проявляемости следов  $\alpha$  - частиц к выявлению полной длины следов ионов  $Ne$ , равной их длине в контрольном слое. При этом структура следов ионов  $Ne$  идентична их структуре в контрольных слоях: проявляются не только зерна, непосредственно задетые налетающей частицей, но и зерна, активированные вторичными  $\delta$  - электронами, что, по-видимому, связано с увеличением суммарной ионизации этих зерен за счет попадания в них  $\alpha$  - частиц.

Проведенные исследования показали, что при указанном методе обработки слоев ядерная эмульсия сохраняет исходную или близкую

к ней чувствительность и может быть использована, при наличии соответствующих калибровок, для изучения низкоэнергетичной компоненты КИ, зарядовых, энергетических спектров частиц КИ, зарегистрированных в условиях высокого сопровождающего фона.

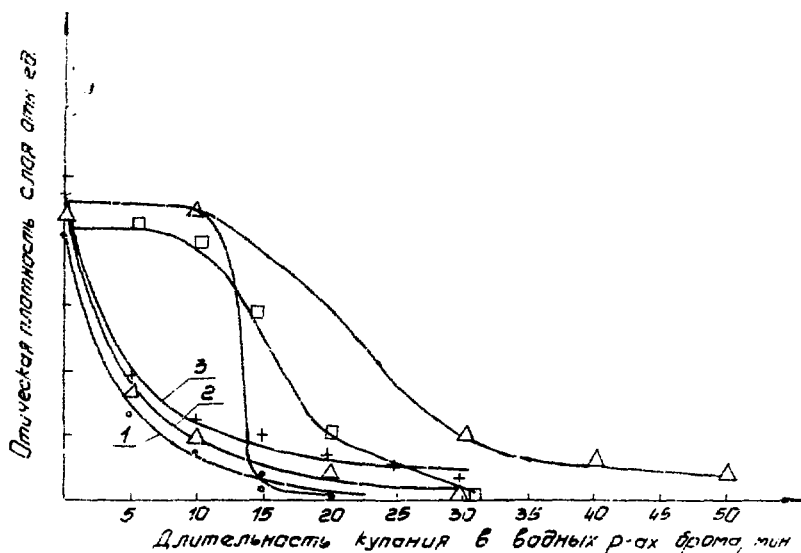


Рис. I Зависимость оптической плотности проявленной эмульсии от длительности купания в водных растворах брома для различных условий:

- купание в 10%-ном растворе слоев, экспонированных ионами Ne и потоком  $\alpha$  - частиц интенсивностью  $5,4 \cdot 10^8$  частиц/см<sup>2</sup> (кривая 1),  $1,0 \cdot 10^9$  частиц/см<sup>2</sup> (кривая 2),  $2,2 \cdot 10^9$  частиц/см<sup>2</sup> (кривая 3).

- купание слоев, экспонированных в космическом пространстве в 10%-ном растворе (кривая 4), в 5%-ном (кривая 5), в 2,5%-ном - (кривая 6).

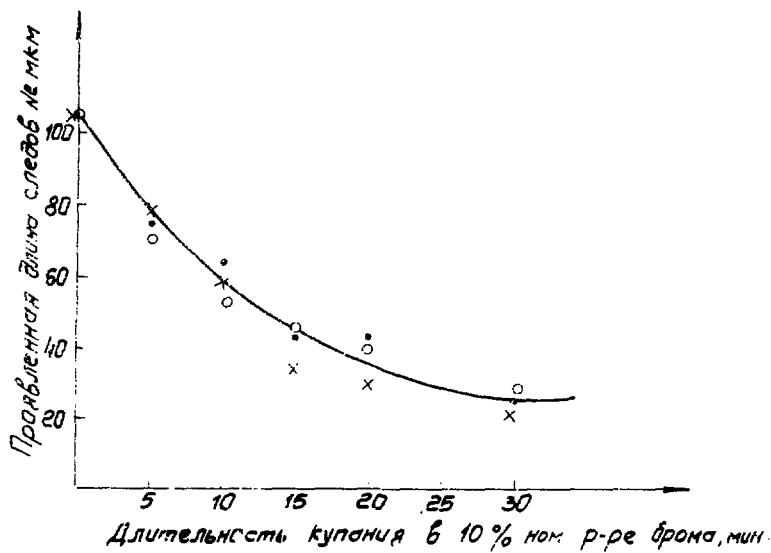


Рис.2 Зависимость проявленной длины следов ионов Ne от длительности купания в 10%-ном растворе брома в слоях с фоном  $\alpha$  - частиц интенсивностью  $5,4 \cdot 10^8$  частиц/см<sup>2</sup> (•),  $1,0 \cdot 10^9$  частиц/см<sup>2</sup> (○),  $2,2 \cdot 10^9$  частиц/см<sup>2</sup> (x).



Рис.3 Микрофотографии, демонстрирующие характер проявления следов ионов  $Ne$  от длительности купания в 10%-ном водном растворе брома в течение 5 минут (рис.3а), 15 минут (рис.3б), 30 минут (рис.3в).

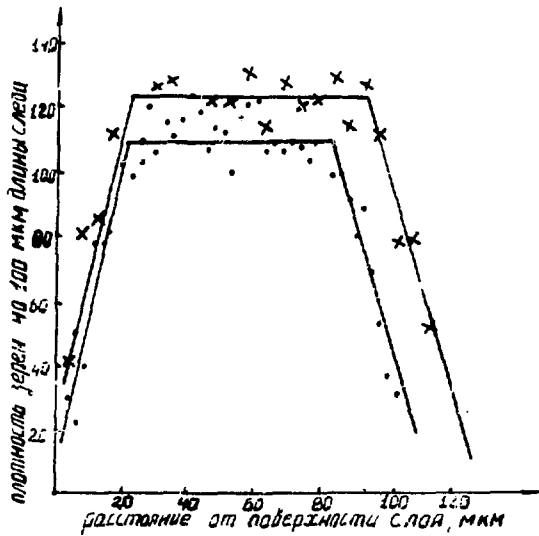


Рис.4 Зависимость плотности зерен в следах частиц КМ высоких энергий от глубины залегания следа в слое.

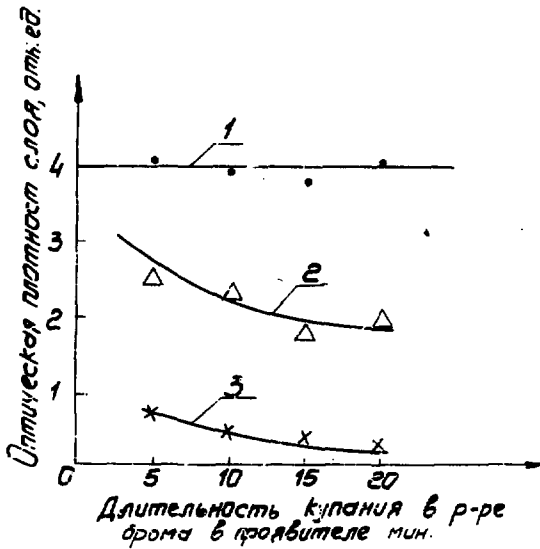


Рис.5 Зависимость оптической плотности проявленных слоев от длительности купания в растворе брома в проявителе: при дополнительном нормальном проявлении (кривая 1), проявлении в разбавленном 30%-ном проявителе (кривая 2), в 10%-ном проявителе (кривая 3).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э. де Карвальо, А. де Сильва. Дискриминация следов осколков фотоделения в ядерных эмульсиях при сильном фоне от  $\alpha$ -частиц и электронов. Сб. Ядерная фотография. М.: АН СССР, 1962, с. 297-301.
2. Маданов А.П., Шур Л.Н., Мартыш Г.Г. Повышение дискриминирующей способности ядерной эмульсии сверхпропорциональным усилением. Журн. научн. и прикл. фотогр. и кинемат., 1964, т. 9, № 2, с. III-III4.

Рукопись поступила 28 декабря 1989 г.

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

ДИСКРИМИНАЦИЯ МНОГОЗАРЯДНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ИНТЕНСИВНОГО  
КОСМИЧЕСКОГО И АЛЬФА-ФОНА В ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ

Редактор Л. П. Мукаян  
Технический редактор А. С. Абрамян

---

Подписано в печать 26/III-90г.      ВФ-01348      Формат 60x84/16  
Офсетная печать. Уч. изд. л. 0,8      Тираж 299 экз.      Ц. 10 к.  
Зак. тип. № 61      Индекс 3649

---

Отпечатано в Ереванском физическом институте  
Ереван 36, ул. Братьев Алиханян, 2

**The address for requests:  
Information Department  
Yerevan Physics Institute  
Alikhanian Brothers 2,  
Yrevan, 375036  
Armenia, USSR**

**ИНДЕКС 3649**



**ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**