

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4894 / 82

P6-82-487

И.И.Громова, К.Я.Громов, Т.А.Исламов,
Н.А.Лебедев, Г.Я.Умаров,
А.Х.Холматов, С.Н.Яшин

О АВТОРАДИОГРАФИЧЕСКОМ МЕТОДЕ
УСИЛЕНИЯ ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ

Направлено в журнал "Известия АН УзССР"

1982

1. ВВЕДЕНИЕ

Бета-спектрограф с постоянным однородным магнитным полем является одним из наиболее информативных и прецизионных приборов в ядерно-спектроскопических исследованиях. По энергетическому разрешению, достигающему сотых долей процента, бета-спектрографы уступают только кристалл-дифракционным гамма-спектрометрам, но, в отличие от последних, эффективных только в "мягкой" области энергии, они используются для проведения исследований в более широком энергетическом диапазоне электронов внутренней конверсии /ЭВК/^{1/}.

Однако малая светосила бета-спектрографов и низкая эффективность регистрации электронов ядерными фотоэмульсиями не позволяют получить информацию о слабых линиях, приводят к большим погрешностям в определении интенсивностей ЭВК, требуют в экспериментах использования источников большей активности и длительных экспозиций фотопластинок, что ограничивает возможности исследования короткоживущих изотопов и изотопов с малыми выходами в ядерных реакциях.

Регистрация электронов в бета-спектрографах производится с помощью фотоэмульсий типа Р 50 и РК 50^{2/}. Повышение чувствительности фотоэмульсий, используемых в бета-спектрографах, не приводит к существенному улучшению получаемой информации, так как рост чувствительности фотоэмульсии сопровождается возрастанием фона. Например, фотоэмульсия РК-50 превосходит фотоэмульсию Р-50 по чувствительности в три раза, но дает в 5-6 раз более плотный фон. Поэтому использование фотоэмульсии РК-50 оправдано только в случае малых времен экспозиции при исследовании относительно короткоживущих изотопов.

Умаровым и др.^{3/} был предложен способ радиографического усиления /более чем в 15 раз/ спектрограмм ЭВК, основанный на использовании метода тонирования фотографических изображений на фотопластинке с помощью раствора сернистого натрия, в котором наряду с естественным стабильным изотопом серы-32 содержится ее радиоактивный изотоп ³⁵S, и получении с этой фотопластинки вторичных изображений методом автордиографии. Однако в работе^{3/} возможности метода были исследованы и изложены недостаточно полно. В настоящей работе продолжены исследования и поиски оптимальных рабочих условий радиографического метода усиления фотоизображений.

Прежде чем перейти к изложению результатов наших исследований, кратко опишем метод^{3/} и основные требования, которые должны

быть учтены при его использовании. Процедура усиления состоит из следующих этапов:

1. Отбеливание. Проявленная и высушенная фотопластинка, на которой имеются изображения /линии/, требующие усиления, пропитывается дистиллированной водой и затем погружается в водный раствор $K_3Fe(CN)_6$ и KBr . При этом в результате химических реакций в фотоэмульсии происходит преобразование металлического серебра в $AgBr$.

2. Активирование. Отбеленную фотопластинку промывают в дистиллированной воде и погружают в раствор сернистого натрия. При этом в фотоэмульсии происходит замещение ионов брома на ионы серы, в результате чего образуется соединение Ag_2S , содержащее радиоизотоп ^{35}S .

3. Авторадиография. На высушенную активированную фотопластинку накладывают свежую фотопластинку. При этом последняя засвечивается β -частицами, испускаемыми при распаде ^{35}S .

4. Проявление вторичной фотопластинки. Процесс производится обычным методом ^{4/}.

5. Фотометрирование вторичного изображения. Фотопластинки до и после усиления фотометрируются на автоматическом микрофотометре /АМФ/ ^{5/}.

Учитывая химические свойства применяемого при активации сернистого натрия и характер излучений ^{35}S , необходимо работать с растворами минимальной активности и концентрации Na_2S . С другой стороны, должна обеспечиваться достаточная активация фотопластинок.

Для обеспечения эффекта пропорционального усиления, позволяющего сохранить информацию об относительной интенсивности линий, необходимо, чтобы переход серы-35 в фотослой и ее распределение были пропорциональны содержанию и распределению в нем атомов серебра. Это требование будет безусловно выполнено при полном замещении ионов брома на ионы серы. С этой точки зрения продолжительность процесса активации пластинок должна быть связана с концентрацией сернистого натрия в активирующем растворе. С другой стороны, активность серы-35 в фотослое должна быть такой, чтобы удобная для фотометрирования плотность почернения на вторичной спектрограмме получалась при продолжительности контакта от 20 мин до нескольких часов. Так как эта величина прямо пропорциональна количеству перешедшей в фотослой серы-35, то при заданной концентрации сернистого натрия в активирующем растворе она будет определяться удельной активностью этого раствора. Следовательно, для получения хорошо воспроизводимых результатов необходимо знать оптимальные значения и допустимый диапазон изменения таких параметров, как удельная активность серы-35 в активирующем растворе, концентрация сернистого натрия в нем, продолжительность обработки фотопластинок в растворах, и особенно в активирующем растворе, а также степень извлечения серы -35 из раствора при активации определенного количества фотопластинок.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Исследования проведены с использованием фотопластинок типа Р-50 размером 15×70 мм² с идентичными * изображениями участка спектра ЭВК фракции радиоактивных изотопов лантана /см. рис.1/. Оптические плотности почернения линий и фона на пластинках были измерены на АМФ. В процедуру обработки фотопластинок, рекомендованной в работе ^{3/}, были внесены следующие изменения.

Промывку фотопластинок после отбеливания производили в потоке дистиллированной воды. Для этого отбеленную пластинку помещали в трубку /с внутренним диаметром 16 мм/, через которую пропускали поток воды со скоростью 10-20 см³/мин. После исчезновения визуально наблюдаемой желто-зеленой окраски фотослоя промывку продолжали еще один час.

Группу промытых пластинок помещали в кювету /горизонтально, фотослоем вверх/, в которую наливали активирующий раствор из расчета 10 мл на одну пластинку. Через определенные промежутки времени /5, 15, 30, 60, 90 мин/ пластинки последовательно извлекали из активирующего раствора и промывали водой, как указыва-

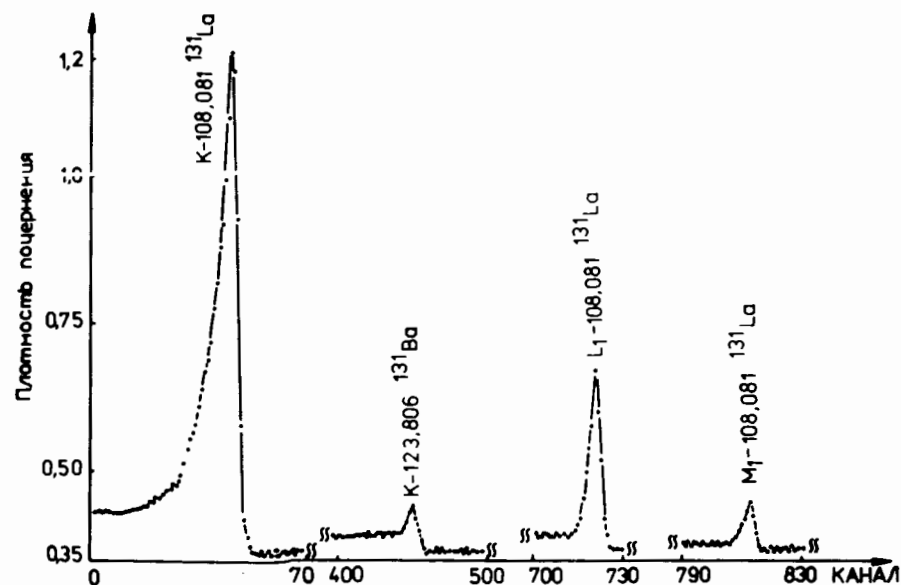


Рис.1. Контрольные линии спектра конверсионных электронов фракции лантана.

*Идентичные изображения получены методом авторадиографии от предварительно активированной пластинки.

лось выше. Затем пластинки высушивали на воздухе /при комнатной температуре/ и измеряли активность серы-35 на контрольных линиях и на фоновых участках с помощью торцевого бета-счетчика или по плотности почернения вторичных изображений на АМФ.

Активирующие растворы готовили из препаратов серы-35 /в виде сернистого натрия/ путем растворения их в воде. Удельная активность растворов была выбрана на основании предварительных опытов и составляла 0,2 мКи/мл. Требуемую концентрацию устанавливали в зависимости от удельной активности исходного препарата в результате добавления кристаллического сульфата натрия. Для исследования были приготовлены растворы с концентрацией 0,02; 0,2 и 2 процента.

Для определения фонового эффекта, обусловленного свойствами фотоземлюсы, в аналогичных условиях производили активацию незэкспонированных фотопластинок: одну группу пластинок подвергали полной фотообработке ^{1/4}, вторую фиксировали без проявления.

Вторичные спектрограммы получали методом автордиографии. Для обеспечения плотного прилегания фотослоев друг к другу пластинки укладывали на плоскую поверхность и прижимали массивным бруском, создающим давление 0,1-0,2 кг/см². Экспозицию выбирали исходя из условия получения оптимальных для фотометрирования плотностей почернения интересующих нас участков спектра. В зависимости от степени активации исходной пластинки продолжительность контакта с экспонированной пластинкой варьировалась от 2 мин до 50 часов. Фотопластинки, полученные методом автордиографии, подвергали фотообработке в идентичных условиях ^{1/4} и фотометрировали контрольные участки.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение активности серы-35 на контрольных участках пластинок в зависимости от продолжительности их обработки в активирующих растворах с различной концентрацией Na₂S показано на рис.2. Приведенные результаты показывают, что в 0,02-процентном растворе Na₂S /рис.2а/ активация пластинок происходит относительно медленно и насыщение достигается лишь через 60-90 мин. Обращает на себя внимание более медленное нарастание активности на линии с высокой плотностью почернения /кривая 4/. Заметно, что в начальный период /до 60 мин/ активация фотослоя менее пропорциональна исходной плотности почернения, чем в конце выбранного времени активации. Отсюда следует, что обработку пластинок в активирующих растворах необходимо производить до насыщения серой.

Однако при данном соотношении радиоактивных и стабильных атомов серы активность фотослоя получается настолько высокой, что вторичное изображение с удобной для фотометрирования плотностью почернения получается при экспозиции в течение около одной минуты. Это время соизмеримо с временем приведения пластинок в кон-

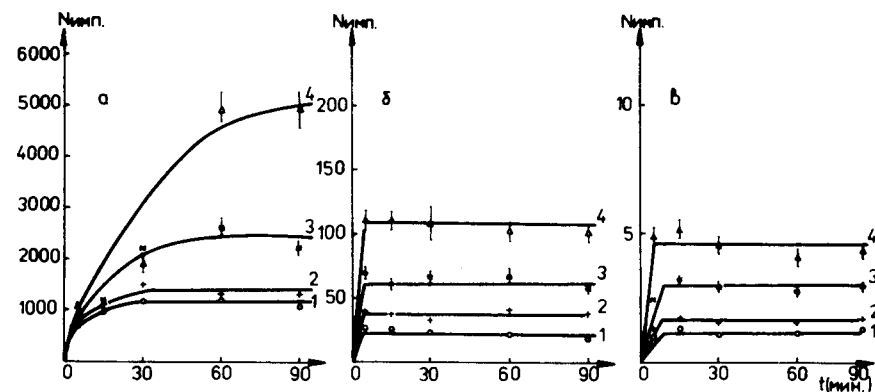


Рис.2. Зависимость числа электронов, испущенных активированными линиями за единицу времени (N), от продолжительности обработки (t) фотопластинок в активирующем растворе: а/ концентрация Na₂S - 0,02%; б/ 0,2%; в/ 2%; 1 - фон с плотностью почернения D=0,35; 2 - линия M₁-108,081 кэВ ¹³¹La; 3 - линия L₁-108,081 кэВ ¹³¹La; 4 - линия K-108,081 кэВ ¹³¹La.

такт, из-за чего трудно получить качественное изображение. По-видимому, с этим связано непропорциональное усиление.

Наоборот, в 2-процентном растворе Na₂S активность фотослоя получается слишком низкой и, хотя пропорциональное усиление удовлетворительное, вторичные отпечатки получаются лишь при очень длительных экспозициях /≥ 20 час/. Серьезным недостатком такого раствора является заметное выделение из него сероводорода, происходящее в результате гидролиза сернистого натрия. С H₂S удаляется и сера-35, в результате чего может происходить радиоактивное загрязнение рабочих поверхностей и требуются дополнительные меры радиационной защиты.

Наилучшие результаты были получены при использовании 0,2-процентного раствора Na₂S. Активация фотослоя до насыщения в нем завершается за 10-15 мин. Требуемая экспозиция при получении вторичных изображений - 30-60 мин. Сравнительно хорошо сохраняется пропорциональность усиления. Как показали измерения активности 0,2-процентного раствора до и после активации группы пластинок, расход серы-35 на одну пластинку не превышает 1%. Следовательно, в данном растворе можно активировать несколько десятков фотопластинок.

На основании изложенных результатов рекомендуются следующие рабочие условия для процесса усиления:

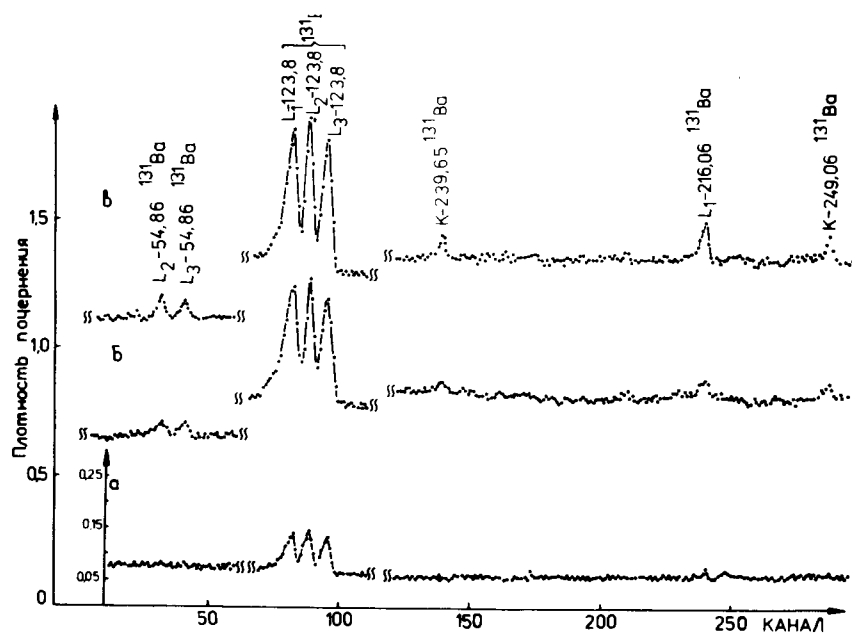


Рис.3. Участок спектра конверсионных электронов фракции ^{131}Ba : а/ до усиления; б/ и в/ после усиления с разными временами контакта с активированной фотопластинкой.

1. Удельная активность серы-35 в растворе - 0,1-0,3 мКи/мл.
2. Концентрация Na_2S - 0,1-0,2%.
3. Продолжительность обработки пластинок в активирующем растворе - 15-20 минут.
4. Экспозиция при автордиографии - от 20 минут до 2 часов. Более точно требуемую экспозицию легко определить опытным путем.

При соблюдении этих условий нами были усилены изображения ряда фотопластинок со спектрами ЭВК и фотопленки с нестрихованными изображениями. Полученные результаты показывают, что изложенный метод пригоден для усиления как плотности почернения фотографических изображений, так и линий КЭ. При этом качество фотографических изображений, снятых с "недодержкой", заметно улучшается, а плотность почернения линии КЭ увеличивается в 15-20 раз /при этом сведения об относительных интенсивностях линии сохраняются/. В последнем случае в усиленных спектрах удается наблюдать линии /как правило, малоизученные или новые/, которые не видны в первичном спектре /см. рис.3/.

При активации неэкспонированных фотопластинок относительная активность серы-35 в фотослое составляла 3-5% от активности фо-

новых участков нормально экспонированных в спектрографе фотопластинок. Эти результаты позволяют заключить, что сорбция серы-35 желатиновым слоем фотоэмульсии не вносит заметного вклада в общий фон усиленных фотоизображений.

Надо отметить, что при автордиографической перепечатке фотопластинок можно получить изображения с различной плотностью почернения различных по интенсивности линий, что увеличивает достоверность полученных данных о ЭВК. В частности, этот метод был применен для изучения спектров ЭВК лантановой фракции и позволил обнаружить линии конверсионных электронов новых гамма-переходов с энергиями 76,2; 111,6 и 211,9 кэВ ^{131}Ba . Детальное изучение радиоактивных изотопов с применением автордиографического метода усиления фотопластинок продолжается.

Авторы приносят свою благодарность профессорам А.А.Абдуразакову, Т.М.Муминову и аспиранту А.А.Тангабаеву за полезные обсуждения и замечания, а С.Т.Денисову за содействие в работе и оказанную помощь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуразаков А.А. и др. ОИЯИ, Р6-4363, Дубна, 1969.
2. Абдуразаков А.А. и др. Прогр. и тез. докладов ХХIХ Совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. "Наука", Л., 1979, с. 507.
3. Умаров Г.Я., Мухтасимов Ф.Н. Авторское свидетельство №168128, 1965, Бюлл. ОИПОТЗ, 1965, №3, с. 97; Громов К.Я., Мухтасимов Ф.Н., Умаров Г.Я. ОИЯИ, Р-2276, Дубна, 1965.
4. Богомолов К.С. и др. Труды ФНИКФИ, вып. 11 /21/. Изд-во Минва культуры СССР, М., 1957, с. 73.
5. Исламов Т.А. и др. ОИЯИ, Р10-12794, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 июня 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Громова И.И. и др. О автордиографическом методе усиления фотоизображений Р6-82-487

С целью оптимизации рабочих условий при автордиографическом усилении фотоизображений исследована зависимость активации фотослоя с первичным изображением от концентрации сернистого натрия в активирующем растворе и продолжительности пребывания фотопластинок в нем. Установлено, что удовлетворительные и стабильные результаты усиления получаются при использовании активирующего раствора с концентрацией Na_2S 0,1-0,2% и удельной активностью серы-35 0,1-0,3 мКи/мл при продолжительности активации 15-20 минут. Показано, что качество фотоизображений, снятых с "недодержкой", заметно улучшается. В усиленных изображениях спектра конверсионных электронов ^{131}Ba обнаружен ряд линий ранее неизвестных гамма-переходов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Gromova I.I. et al. P6-82-487
On Autoradiaphical Method of Amplifying Photoimages

In order to optimize the working conditions at the radiographical amplification of photoimages the dependence of activation of a pholayer with an original image upon the concentration of sulphur-natrum in activating solution and the time of staying the photoplates in it is investigated. It is established that satisfactory and stable results of amplification are obtained by using the activating solution with a Na_2S 0,1-0,2% concentration and the 0.1-0.3 mKu/ml specific activity of sulphur - 35 dor 15-20 min activation time. It is shown that quality of photoimage taken with underexposure improves considerably. A set of lines of so far unknown γ -transitions are found in amplified images of ^{131}Ba conversion electron spectrum.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.