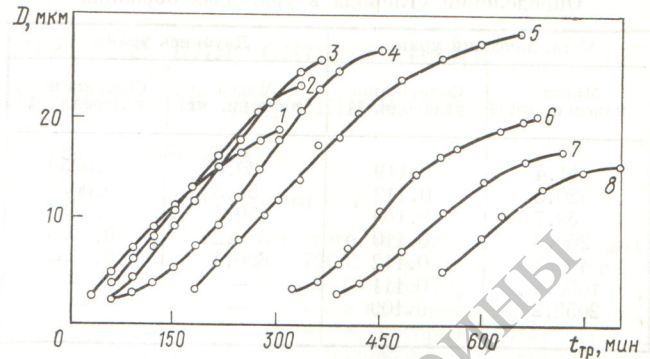


Р и с. 1. Зависимость среднего диаметра треков  $\alpha$ -частиц, регистрируемых в  $2\pi$ -геометрии, от времени травления для плотности раствора  $\text{NaOH} = 1,305; 1,26; 1,22; 1,18; 1,17; 1,15; 1,11 \text{ г/см}^3$  (кривые 1—7 соответственно)

$\alpha$ -частиц и прямая спектрометрия  $\alpha$ -частиц по диаметрам треков в подложке РФ-3 возможна лишь в сравнительно узком энергетическом диапазоне.

Увеличение времени травления способствовало выявлению  $\alpha$ -частиц с большей энергией, ушедших глубже в детектор. Это свидетельствует о том, что регистрируются только концы треков  $\alpha$ -частиц, где значения  $dE/dx$  имеют максимальную величину. Выявление  $\alpha$ -частиц энергией  $\sim 2,5 \text{ МэВ}$  становится уже затруднительным, а энергией  $> 3,5 \text{ МэВ}$  практически невозможным из-за того, что при требующемся для этого времени травления поверхность детектора становится слишком неровной. Для хорошей регистрации нормально падающих на детектор  $\alpha$ -частиц энергией  $2,5 \text{ МэВ}$  и выше необходимо предварительное их замедление слоем воздуха или тонкими фольгами (пленками).

Для проверки работоспособности в нейтронном поле детекторы облучали на критсборке БТС-2 [3] со средней



Р и с. 2. Зависимость среднего диаметра треков, образующихся при нормальном падении  $\alpha$ -частиц на детектор, от времени травления в растворе  $\text{NaOH}$  плотностью  $1,2 \text{ г/см}^3$  для  $E_\alpha = 0,98; 1,44; 1,81; 2,20; 2,45; 2,92; 3,77$  и  $3,36 \text{ МэВ}$  (кривые 1—8 соответственно)

энергией спектра нейтронов  $\sim 600 \text{ кэВ}$ ; плотность дополнительных фоновых треков от нейтронов на поверхности детектора составила  $(1,38 \pm 0,11) \cdot 10^{-6}$  трек./нейтр. Облучение в тепловом спектре практически не дало дополнительного фона.

Полученные данные позволяют сделать заключение, что отмытая от эмульсии подложка пленки РФ-3 является хорошим детектором  $\alpha$ -частиц. Найденные зависимости диаметра треков от режима обработки и энергии  $\alpha$ -частиц позволяют подобрать дозу облучения таким образом, чтобы коэффициент заполнения треками поверхности детектора не превышал  $\sim 0,4$  — ниже этого значения перекрытие треков и связанные с этим погрешности счета еще несущественны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Nucl. Instrum. Methods», 1977, v. 147, N 3—4.
2. Немец О. Ф., Гофман Ю. В. Справочник по ядерной физике. Киев, «Наукова думка», 1975.
3. Груша Н. М. и др. «Изв. АН БССР. Сер. физ.-энерг. наук», 1974, № 1, с. 20.

Поступило в Редакцию 07.08.78

УДК 546.11.02.3

## Идентификация и оценка содержания трития в воде реактора ВВР-М

ДРОГИН А. М., КАПУСТИН В. К., КОРОТКОВ В. П., ЛЕОНОВ В. В., МИРОНОВ В. К., САЙКОВ Ю. П.

В 1976 г. в воде сбросных резервуаров реактора ВВР-М ЛИЯФ (после ее переработки на станции спецводоочистки) был обнаружен радионуклид с низкоэнергетическим (менее  $20 \text{ кэВ}$ )  $\beta$ -распадом. Несколько ранее аналогичный источник был обнаружен и в воде первого контура реактора. Было сделано предположение, что этим радионуклидом является тритий. Сведения о накоплении трития в обычной воде, используемой как теплоноситель в ядерных реакторах, имелись в работах [1, 2, 3]. Основная цель данной работы — подтверждение правильности сделанного предположения и оценка содержания трития в реакторной воде (накопление трития в этой воде может иметь принципиальное значение как при ее дезактивации, так и в плане эксплуатации реактора).

Для идентификации и оценки содержания трития в реакторных водах применен жидкостно-сцинтилляционный метод. Измерения выполнены на приборе «Isoscap 300».

Скорость счета от радионуклида, находящегося в пробе, одновременно регистрировалась в двух каналах: низко-А и высокоэнергетическом Б. Канал А ( $2-18 \text{ кэВ}$ ) использовался для измерения трития, канал Б ( $20-1500 \text{ кэВ}$ ) — для контроля присутствия в пробе других радионуклидов. Счетные пробы готовили смешиванием  $13,5 \text{ мл}$  жидкого сцинтиллятора ЖС-8 с  $1,5 \text{ мл}$  исследуемой воды. Эффект тушения сцинтилляций в пробе контролировался по способу внешнего стандарта. Вода первого контура даже после выдержки имеет сложный радионуклидный состав. Поэтому при ее измерении не исключена возможность заполнения канала А регистрацией  $\beta$ -частиц других (кроме трития) радионуклидов. Кроме того, если  $\beta$ -распад сопровождается испусканием  $\gamma$ -квантов, то возможен вклад в наблюдаемую скорость счета от комптоновских электронов, возникающих при поглощении  $\gamma$ -квантов сцинтилляционным веществом. Для устранения этих нежелательных явлений

и идентификации трития в воде первого контура теплоноситель последовательно подвергался дистилляции и очистке на ионообменных смолах КУ-2 и АВ-17. Очистка от мешающих определению трития радионуклидов считалась полной, если скорость счета пробы в канале Б соответствовала в пределах статистической погрешности фону. Для уменьшения загрязнения измерительных кювет в экспериментах с водой первого контура использовался теплоноситель с выдержкой более двух недель и с десятикратным разбавлением дистиллятом артезианской воды, содержащим тритий на уровне  $1 \cdot 10^{-10}$  Ки/л. На всех этапах очистки контролировалась радиоактивная чистота применяемого оборудования и материалов. С этой целью через подготовленное к опыту оборудование предварительно пропускать дистиллят артезианской воды, из которого после каждой ступени очистки отбирали пробы воды на анализ. Приготовленные образцы считались «фоновыми». Результаты опытов приведены в таблице. Анализ их показывает, что источником низкоэнергетического  $\beta$ -излучения является долгоживущий нуклид с периодом полураспада свыше двух лет. При его распаде  $\beta$ -частицы и  $\gamma$ -кванты с энергией, превышающей 20 кэВ, не испускаются. Освободиться от него ни дистилляцией, ни ионитной очисткой воды не удается. (Наблюдаемая разница в скорости счета после ионитов КУ-2 и АВ-17 объясняется разбавлением, так как подготовка смол к опытам проводилась на дистилляте артезианской воды.) Не удалось удалить источник и методом соосаждения на гидроксиде железа.

Сочетание этих особенностей поведения источника низкоэнергетического  $\beta$ -излучения в приведенных опытах по очистке воды первого контура с другими его свойствами (период полураспада, энергия  $\beta$ -излучения, отсутствие  $\gamma$ -излучения) привело к заключению, что исследуемый радионуклид является тритием. Об этом свидетельствуют и результаты контрольных экспериментов по идентификации трития в воде первого контура, выполненные радиогазохроматографическим методом по методике [4] (вода разлагалась карбидом алюминия и образовавшийся метан после газохроматографического детектирования по теплопроводности подвергался измерению в проточном счетчике). И эти опыты однозначно показали, что вода первого контура содержит тритий.

Для количественной оценки содержания трития в воде реактора была определена его эффективность регистрации в виде НТО на счетчике Isosap 300. В качестве эталона использовали тритиевую воду, полученную из Института водных проблем АН СССР. (Для проверки использованный эталон сличали с эталоном тритиевой воды, полученным из Радиового института. Расхождение эталонов составило 3,4%.) Концентрация трития в воде первого контура реактора ВВР-М по состоянию на 9.12.1976 г. составляла  $(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-4}$  Ки/л, в очищенной воде из сбросных резервуаров реактора на 2.6.1976 —  $(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$  Ки/л. По радиогазохроматографическим измерениям концентрация трития в воде первого контура на 9.12.1976 равнялась  $(2,0 \pm 0,4) \cdot 10^{-4}$  Ки/л и в пределах двойной погрешности измерений совпадала с результатом измерения концентрации трития жидкостно-сцинтилляционным методом.

Обосновать наблюдаемое содержание трития в воде реактора ВВР-М затруднительно ввиду отсутствия достоверных данных по поступлению его в теплоноситель из источников его образования: твэлы, борные регулирующие стержни, бериллиевый отражатель.

Так как системы реактора и условия их эксплуатации рассчитаны на работу с теплоносителем, содержащим радиоактивные продукты, можно ожидать, что обнаруженное содержание трития в воде первого контура, которое соразмерно с некоторыми осколочными радионуклидами I. Sr. Ba, не приведет к каким-то дополнительным затруднениям, кроме одного момента, связанного с очисткой сбросных вод реактора, содержащих тритий в количестве, превышающих среднегодовую допустимую концентра-

Результаты опытов по идентификации трития в воде первого контура реактора ВВР-М жидкостно-сцинтилляционным методом

Анализируемый объект — вода первого контура после 10-кратного разбавления	Измерительный канал счетчика	Скорость счета, имп/мин			
		Вода первого контура после двухнедельной выдержки		Вода первого контура после шестимесячной выдержки	
		1 кювета	2 кювета	1 кювета	2 кювета
До дистилляции	А	15879 (21)	16528 (23)	15998 (23)	16345 (21)
	Б	2073 (22)	2164 (24)	135 (19)	147 (23)
После дистилляции	А	15113 (19)	15332 (18)	15657 (18)	15960 (20)
	Б	24 (21)	22 (22)	16 (26)	11 (24)
После дистилляции и доп. очистки на КУ-2	А	13174 (19)	12497 (24)	13051 (19)	12541 (18)
	Б	25 (25)	32 (25)	30 (22)	24 (24)
После дистилляции и ионитной очистки на КУ-2 и АВ-17	А	10685 (23)	10664 (23)	10601 (26)	10637 (18)
	Б	28 (23)	20 (24)	28 (20)	31 (23)

В скобках указаны скорости счета от соответствующих фоновых образцов.

цию в воде. Поэтому при переработке радиоактивных вод регулируют скорость их поступления на станцию спецводоочистки таким образом, чтобы концентрация трития в очищенных водах не превышала допусаемых санитарным законодательством значений.

В заключение авторы благодарят Р. И. Лысову за помощь в проведении измерений, В. А. Блинова и В. В. Романова — за предоставленные эталоны тритиевой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тритий (тематический сборник переводов). АИНФ 149 (П), ЦНИИАтоминформ, 1971.
2. Аболмасов Ю. П. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 3, с. 215.
3. Лурье А. И. «Атомная энергия», 1976, т. 41, вып. 4, с. 258.
4. Леонов В. В., Синотова Е. Н., Горсаков М. В. «Радиохимия», 1974, т. XVI, вып. 4, с. 564.

Поступило в Редакцию 01.09.78