

С 349Г

18/11

ИС-726

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

12 - 3762



Л.Я. Жильцова, М.Н. Медведев, А.И. Спиридонов
В.Г. Тыминский,

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ
НИЗКИХ СОДЕРЖАНИЙ РАДОНА
С ПОМОЩЬЮ ЖИДКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

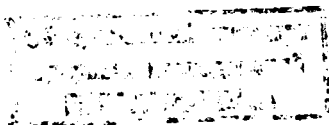
1968

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

12 - 3762

Л.Я. Жильцова, М.Н. Медведев, А.И. Спиридонов
В.Г. Тыминский,

О ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ
НИЗКИХ СОДЕРЖАНИЙ РАДОНА
С ПОМОЩЬЮ ЖИДКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ



4262/1
из.

При изучении распределения радиоактивных эманаций в природных водах и определения радия по радону широко применяются сцинтилляционные приборы типа РАЛ-1 и ЭМ-6п.

Указанные приборы пригодны для уверенного определения концентраций радона и радия - 10-11 кюри-/л. Чувствительность приборов явно недостаточна при решении задач радиогидрогеологии, связанных с определением кларковых содержаний указанных радиоэлементов в водах.

Для увеличения чувствительности детекторов излучения наиболее выгодно повышать эффективность счёта.

Как показано в^{1/}, чувствительность радиометрической установки оценивается формулой:

$$A_{\text{мин}} = \frac{1 + 2 \delta \sqrt{n_{\text{ф}} T}}{2,22 F T},$$

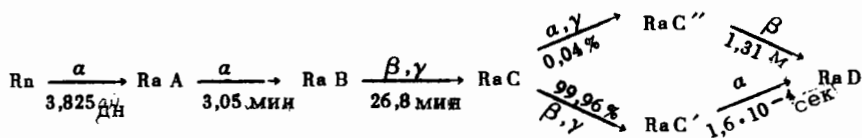
- где $A_{\text{мин}}$ - минимально измеренная активность (имп)
 δ - среднеквадратичная погрешность измерения (%)
 T - время измерения (мин.)
 F - эффективность счёта данного излучения (%)
 $n_{\text{ф}}$ - скорость счёта фона.

Из данной формулы видно, что чувствительность установки определяется в основном фоном и эффективностью счёта, а величины δ и T зависят от характера поставленной задачи. Причём значительно большее влияние на величину минимально измеренной активности оказывает эффек-

тивность счёта F , т.к. она входит в знаменатель в первой степени. Поэтому путь увеличения чувствительности аппаратуры в результате увеличения эффективности счёта может оказаться перспективным, даже если он связан с некоторым увеличением фона.

В работе/2/ для увеличения чувствительности α -сцинтилляционных камер предлагается использовать принудительное осаждение продуктов распада радона электростатическим полем, что позволило повысить эффективность регистрации α -частиц в камере с 45% до 80%.

Дальнейшее повышение чувствительности аппаратуры при изучении низких концентраций радона можно получить, используя детекторы с 4π -геометрией счёта и регистрации наряду с α -излучением β и γ -излучений короткоживущих продуктов распада урана (см.схему)



В этом отношении наиболее перспективны жидкие сцинтилляторы, которые широко применяются в ядерной физике и медицине для измерения дозы β - и γ -излучений. Основные преимущества жидкого сцинтилляционного детектора заключаются в высокой эффективности регистрации β и γ -излучений, возможности изготовления детектора с большой рабочей площадью, высокой прозрачности сцинтиллятора для собственного излучения, стабильности характеристик сцинтиллятора. Основная трудность при использовании жидких сцинтилляторов - малый световой выход при возбуждении тяжелыми частицами. Так, при возбуждении α -частицами с энергией 2,3 Мэв, импульс на выходе ФЭУ эквивалентен импульсу от электронов с энергией 5 кэв в кристалле

NaI (Tl) /3/.

В/4/ показано, что с помощью жидких сцинтилляторов можно регистрировать α -излучение несмотря на то, что амплитуда импульса от α -частиц на порядок меньше, чем от электронов той же энергии.

С целью выяснения возможностей использования жидких сцинтилляторов для определения радона в водных пробах были проведены экспери-

ментальные исследования с двумя типами сцинтилляторов: смешивающихся и не смешивающихся с водой.

Первый тип сцинтилляторов готовится на основе диоксана + 8 г/л PPO + 50 г/л нафталина. Как показано в^{5/}, сцинтиллятор данного типа, смешиваясь с водой, не теряет своих сцинтилляционных свойств при концентрации воды до 35 + 40%.

Исследовалась возможность регистрации с помощью указанного сцинтиллятора α - частиц с энергией от 4,5 до 7,8 Мэв (короткоживущие продукты распада радона).

В качестве контрольных эталонов использовались водные растворы солей урана и радия (равновесный урановый эталон ^{238}U , ^{233}U , ^{226}Ra), которые добавлялись к сцинтиллятору в количестве, не превышающем 20% от всего объема. Амплитуда импульсов, возникающих в сцинтилляторе под действием α - частиц, сравнивалась с амплитудой от β - частиц равновесного урана. Результаты исследований приведены в табл.1.

Таблица 1

№№ пп	Источник излучения	Энергия излучения	Амплитуда имп. в отн. един.	Примечание
1	Равновесный урановый эталон	2,32 Мэв	1,0	α - частицы экранирова- лись фоль- гой
2	^{238}U	4,85 Мэв	0,23	
3	^{233}U	4,18 Мэв	0,18	
4	^{226}Ra	4,77 Мэв	0,22	

Из полученных данных видно, что амплитуда импульсов при возбуждении жидкого сцинтиллятора α - частицами с энергией 5-6 Мэв, соответствует амплитуде, возникающей при облучении детектора электронами с энергией 500-600 кэв. Таким образом, величина нижнего уровня

дискриминации может быть выбрана достаточно большой для отсечки собственных шумов ФЭУ и фона излучения низкой энергии.

Второй тип сцинтиллятора (не смешивающийся с водой) готовится на основе толуола + 3 г/л PPO + 0,2 г/л PPOP. Высокий коэффициент растворимости радона в органических веществах (по сравнению с водой) дает возможность использовать некоторые из них (в частности, толуол) для экстракции радона из водного раствора с последующим приготовлением из обогащенного радоном экстрагента жидкого сцинтиллятора. Данные по растворимости радона в органических веществах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Растворимость радона в органических веществах

№№ п/п	Растворитель	Растворимость радона $\text{см}^3/\text{см}^3$ раство- рителя		Растворимость сцинтиллирую- щих веществ
		$t = 0^\circ\text{C}$	$t = 18^\circ\text{C}$	
1	2	3	4	5
1	Сероуглерод (CS_2)	33,4	23,1	
2	Хлороформ (CHCl_3)	19,8	15,0	
3	Этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)	8,28	6,17	
4	Ацетон $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	8,0	6,3	
5	Этилацетат $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	9,41	7,16	
6	Этиловый эфир $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	19,9	15,1	
7	Бензол C_6H_6	-	12,82	+
8	Анилин $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	4,43	3,80	+
9	Гексан C_6H_{14}	23,4	16,6	+
10	Толуол C_7H_8	18,4	13,2	+
11	Вода H_2O	0,52	0,285	+
12	Амиловый спирт $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	-	9,31	
13	Циклогексан C_6H_{12}	-	18,04	+
14	Глицерин $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$	-	0,21	

Примечание: знаком (+) помечены растворители, в которых растворяются сцинтиллирующие вещества.

Опыт проводился в следующей последовательности. В делительную воронку наливался раствор, содержащий $1,17 \cdot 10^{-11}$ г Ra, и доливалось 50 мл толуола. Данная смесь выдерживалась в течение 3-х суток для накопления радона. После этого все тщательно перемешивалось (путем встряхивания) до образования однородной эмульсии. Ввиду того, что растворимость радона в толуоле в 50 раз выше, чем в воде (см. табл. 2), толуол обогащается радоном ^{16/}. После отстаивания толуол сливался в кювету, к нему добавлялись сцинтиллирующие вещества и производилось измерение активности. В качестве датчика использовалась кювета из фторопласта объемом 50 мл. Кювета с жидким сцинтиллятором помещалась между двух фотоумножителей, просматривающих ее с торцов. ФЭУ включались в схему отбора совпадений, за счёт чего эффективно снижался фон, обусловленный термшумами. Средний фон датчика не превышал 20 имп/мин. Скорость счёта от сцинтиллятора, обогащенного радоном, в среднем равнялась 60 имп/мин. Это же количество радона, измеренное с помощью сцинтилляционной камеры (прибор РАЛ-1), дало 12 имп/мин. при фоне 2 имп/мин. Сравнение полученных данных по критерию $\frac{n_0}{\sqrt{n} \phi}$ показало, что детекторы на основе жидких сцинтилляторов, применяемые для изучения радона в водных пробах, обладают большей чувствительностью, чем сцинтилляционные камеры.

Таким образом, используя жидкие сцинтиллирующие растворы на основе толуола или другого растворителя, хорошо экстрагирующего радон, представляется возможным измерять низкие концентрации радона.

В заключение авторы выражают благодарность Е.Н.Матвеевой за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. В.А.Дементьев. "Измерение малых активностей радиоактивных препаратов", Атомиздат М. 1967.
2. Л.В.Горбушина, В.Г.Тыминский. "Повышение чувствительности ж-сцинтилляционных камер". Атомная энергия т. 19, вып. 5, 1965.

3. Э.Н.Каржавина, И.М.Столетова. "Жидкий органический сцинтиллятор с метилборатом для регистрации нейтронов" ОИЯИ, Дубна, 1965.
4. Oak Ridge Radioisotope Cont. Ref. Appl. Phys. Sci., ENU, Ekaplim Burg, TEMM. 1963.
5. Л.Я.Жильцова, Е.Н.Матвеева, М.Н.Медведев. "Жидкие вододлюксановые сцинтилляторы" ПТЭ, № 1, 1967.
6. Bemerkung über die Löslichkeit von Radiumemanation und anderen Gasen in Flüssigkeiten von Stefan Meyer CXXII Bain DVII heft Wien, 1913. Abteilung 11a der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 марта 1968 года.