

ПРИБОР НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Назначение

Спектрометр-дозиметр типа **SDMF-1608SN** является средством измерения и предназначен для измерения энергетического распределения плотности потока нейтронов и гамма-квантов в реальном времени. Также позволяет измерять интегральный поток медленных нейтронов с помощью второго детектора.

Основываясь на измерении спектров нейтронов и гамма-квантов вычисляется мощность эффективной и поглощенной дозы, а также мощность амбиентного эквивалента дозы.

Для гамма излучения также вычисляется мощность экспозиционной дозы и мощность поглощенной дозы в воздухе.

Все дозовые характеристики рассчитываются исходя из геометрии источника радиации и условий облучения человека.

Отличительные особенности

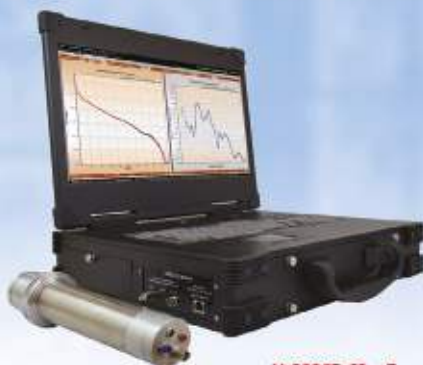
- Одновременное измерение энергетических спектров быстрых нейтронов и гамма-квантов одним детектором.
- Спектрометр-дозиметр работает в реальном масштабе времени.
- Измерение как непрерывных (например, "реакторных"), так и линейчатых (изотопных) энергетических спектров.
- Измерение плотности потока быстрых нейтронов и гамма-квантов в абсолютных единицах (частица $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{МэВ}^{-1}$).
- Максимальная загрузка по входу детектора $3 \cdot 10^4$ импульсов.

Информация для заказа

- SDMF-1608SN** – Возимый спектрометр-дозиметр с диапазоном энергий нейтронов от 0.03 эВ до 16 МэВ и гамма-квантов от 240 кэВ до 8 МэВ.
- UNSD-20** – Универсальный нейтронный спектрометр-дозиметр с диапазоном энергий нейтронов от 0.03 эВ до 20 МэВ и гамма-квантов от 100 кэВ до 9 МэВ.
- SDMF-1608** – Возимый спектрометр-дозиметр с диапазоном энергий нейтронов от 1 МэВ до 19 МэВ и гамма-квантов от 500 кэВ до 8 МэВ.
- SDMF-1206SN** – Возимый спектрометр-дозиметр с диапазоном энергий нейтронов от 0.03 эВ до 12 МэВ и гамма-квантов от 100 кэВ до 6 МэВ.

SDMF-1608SN

Спектрометр-дозиметр нейтронов и гамма-квантов



№90065-23 в Госреестре СИ РФ

Применение

- Средство измерения энергетического распределения плотности потока нейтронов и гамма-квантов за биологической защитой ядерно-энергетических установок.
- Определение мощности эффективной дозы, мощности амбиентного эквивалента дозы и мощности поглощенной дозы нейтронов и гамма-квантов.
- Определение мощности экспозиционной дозы гамма излучения.
- Эталон плотности потока быстрых нейтронов.
- Калибратор интегральных дозиметров для гамма и нейтронных полей.
- Калибратор для поверки установок, формирующих поля излучения быстрых нейтронов и гамма-квантов.

ПАРАМЕТРЫ	ЗНАЧЕНИЯ
Диапазон энергий регистрируемого нейтронного излучения (с дополнительным детектором медленных нейтронов)	(0.03 эВ – 100 кэВ)* 500 кэВ – 16 МэВ
Диапазон энергий регистрируемого гамма излучения	240 кэВ – 8 МэВ
Количество энергетических каналов быстрых нейтронов и гамма-квантов	1024
Нижняя и верхняя граница измерения мощности эффективной дозы	(от 0.2 до 17 500**) мкЗв/ч
Среднее отклонение показаний от истинных значений при измерении интегральной (дифференциальной) плотности потока нейтронного излучения	не более $\pm 7\%$ ($\pm 15\%$)
Среднее отклонение показаний от истинных значений при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы нейтронного излучения	не более $\pm 12\%$
Среднее отклонение показаний от истинных значений при измерении мощности амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$ гамма излучения	не более $+12\%$
Энергетическое разрешение на энергии 662 кэВ (^{137}Cs) при детекторе 40x40	не более 12%
Анизотропия для нейтронного излучения	не более $+30\%$
Максимальный поток нейтронов через сцинтиллятор (без учета восстановления)	10^{13} н/см^2
Рабочая нагрузка детектора	10^4 импульс/с
Размерность вычисляемых доз	Зв/ч, Зв/с, Гр/ч, Гр/с, рад/с, Р/с, Р/ч
Питание от аккумулятора +12В***	не более 3 часов
Размер спектрометра-дозиметра, мм	415 x 165 x 360
Размер детектора быстрых нейтронов, мм	245 x диаметр 65
Размер детектора медленных нейтронов, мм	190 x диаметр 59
Вес спектрометра-дозиметра, включая вес детекторов	не более 10 кг

* – один энергетический канал

** – при соблюдении максимальной загрузки

*** – опция под заказ



ООО «Центр АЦП»

Россия, 125040, Москва, ул. Верхняя, д. 6
тел.: (499) 257-45-03, 257-45-09, 257-45-14

mail@centeradc.ru
www.centeradc.ru

Проблемы жидкосцинтилляционной спектрометрии в современных условиях. Сцинтилляционный коктейль

Приведены основные проблемы жидкосцинтилляционной спектрометрии в нынешних условиях. Проанализирована возможность работы на ЖС радиометрах при использовании сцинтилляционных коктейлей, созданных на базе доступных в России реагентов. Показаны сравнительные результаты тестирования модельных радионуклидных смесей в фирменных (ULTIMA GOLD AB, INSTA-FLUOR) сцинтилляционных коктейлях и приготовленных в лабораторных условиях на основе ароматического растворителя толуола (ксилола).

**Ю.Н.Гончар, Н.О.Гудыменко,
И.А.Каширин, В.А.Гудыменко,
С.В.Малиновский**

ООО Главный контрольно-испытательный центр
питьевой воды (ООО «ГИЦ ПВ»), г. Москва

Жидкосцинтилляционная спектрометрия (ЖСС) в сочетании с современными методами разделения и концентрирования радионуклидов обладает рядом преимуществ, основными из которых являются высокая эффективность регистрации практически всех видов излучения и быстрота приготовления счетных образцов при минимальной трудоемкости аналитического процесса. Поэтому этот метод определения радиоактивности в последние десятилетия входит в число наиболее востребованных практически во всех отраслях, использующих радиоизотопы. Разработанный ранее инновационный методический подход [1-10] позволил значительно расширить возможности коммерчески доступных жидкосцинтилляционных радиометров, в большинстве случаев превратив

Ключевые слова: жидкосцинтилляционная спектрометрия, сцинтилляционный коктейль, экстракционная технология, радионуклидный анализ, счетный образец.

их в полноценные спектрометры, способные определять радионуклидный состав измеряемых проб. В настоящее время разработанное специализированное программное обеспечение (СПО) «SpectraDec/LiquidMaster», реализующее этот подход, используется на многих предприятиях России, в том числе практически на всех атомных станциях и многих других специализированных предприятиях, занимающихся радионуклидным анализом и использующих в своей деятельности радиоизотопы (ФГУП «РАДОН», ООО «ГИЦ ПВ», АО «ВНИИ-АЭС», ФГУП «ПО «МАЯК», АО «ИРМ», «ГХК», АО «СХК», НИЦ БТС, подразделения НИЦ «Курчатовский институт», ФМБА, Центры гигиены и эпидемиологии и т. д.).

Однако в последнее время в связи со сложившейся ситуацией и введенными санкционными ограничениями, в области ЖС спектрометрии возникли ощутимые проблемы, которые достаточно подробно описаны в работе [11]. Это, прежде всего, невозможность приобретения новых зарубежных ЖС приборов, а также расходных материалов, без которых ЖС спектрометрия неосуществима. С флаконами для ЖС измерений задача в настоящее время более-менее решается, со сцинтилляционными же коктейлями дела обстоят крайне плохо.

Необходимо отметить, что применяемое в России СПО «SpectraDec/LiquidMaster» для расшифровки ЖС спектров базируется на калибровочных спектрах счетных образцов, приготовленных из смеси образцовых растворов радионуклида и сцинтилляционного коктейля UltimaGold AB (или OptiPhase HiSafe) на основе растворителя ди-изопропилнафталена. Эти коктейли сейчас можно приобрести по параллельному импорту по ценам, которые в 4–5 раз превышают досанкци-

онные, да и сроки поставки могут достигать многих месяцев. При этом сама возможность поставки может исчезнуть в любой момент.

Настоящая работа посвящена тестированию возможности приготовления сцинтилляционных коктейлей на основе доступных реагентов, способных если не заменить фирменные коктейли, то хотя бы приблизиться к их характеристикам и обеспечить работоспособность откалиброванных на этих коктейлях приборов.

Приготовление сцинтилляционного коктейля в лабораторных условиях из доступных реагентов

Применяемые в настоящее время в России сцинтилляционные коктейли на основе растворителя ди-изопропилнафталена (Ultima Gold AB, OptiPhase HiSafe III) по своим свойствам являются оптимальными для спектрометрических измерений. Они хорошо смешиваются с водой (в идеальном случае 1:1) и минеральными кислотами, сохраняя удовлетворительный уровень гашения¹ счетного образца, обеспечивают наилучшее разделение альфа- и бета-излучений, приемлемое разрешение альфа-пику и считаются биodeградируемыми, более безопасными для здоровья.

В настоящее время приобретение этих сцинтилляционных коктейлей достаточно проблематично, в равной степени как и растворителя ди-изопропилнафталена для их приготовления.

Авторами предпринята попытка создания в лабораторных условиях сцинтилляционного коктейля на основе доступных реагентов («лабораторный» коктейль), который смог бы если не заменить фирменные коктейли, то хотя бы обеспечить приемлемую работоспособность имеющегося ЖС оборудования в комплексе с СПО «SpectraDec/LiquidMaster».

¹ Гашение (тушение, quenching) – энергетические потери, происходящие в процессе преобразования энергии распада в электрические импульсы ФЭУ, приводящие к деформации измеряемого спектра.

В качестве основного компонента коктейля взят ароматический растворитель толуол. К сожалению, он не смешивается с водой. Проблема решается добавлением к толуолу эмульгатора (солюбилизатора), обеспечивающего совместимость создаваемого коктейля с водой. Этим солюбилизатором является Тритон X-100 (октилфенолдекаэтилен-гликолевый эфир $C_{34}H_{62}O_{11}$). Также в состав коктейля необходимо ввести сцинтилляторы, которые и обеспечат фотовспышки при взаимодействии с радиоактивным излучением. В нашем случае это первичный сцинтиллятор 2,5-дифенилоксазол (ППО) с максимумом флюоресценции в области 375 нм и вторичный сцинтиллятор [1,4-бис-[2-(5фенилоксазолил)]-бензол (ПОПОП) с максимумом флюоресценции в области 415 нм, которая является оптимальной для чувствительности современных ФЭУ.

Коктейли готовили с постоянным содержанием ППО (0,4%) и ПОПОП (0,02%) и переменной концентрацией Тритона X-100.

Необходимо отметить, что смешение всех перечисленных компонентов при комнатной температуре ($\approx 22-25^\circ\text{C}$) в конечном итоге не приводит к подходящей совместимости с водой (не более 200 мкл водной пробы), несмотря на наличие даже достаточно высоких (до 30%) концентраций эмульгатора.

Для того, чтобыготавливаемый коктейль совмещался с водными пробами, необходимо нагреть как толуол, так и Тритон X-100

в отдельной посуде до температуры порядка 45°C , и только после этого их смешивать. Далее охладить до комнатной температуры и добавить сцинтилляторы. Перед подготовкой счетных образцов (СОБР) с водными (кислотными) пробами коктейль желательнo выдержать 2–3 часа при температуре измерений.

Нами был приготовлен ряд сцинтилляционных коктейлей с возрастающей концентрацией Тритона X-100. В табл.1 приведены полученные начальные характеристики фоновых СОБР с 10 мл коктейлей, измеренных на ЖС «Tri-Carb 4810» в течение 30 мин.

Тестирование «лабораторных» сцинтилляционных коктейлей на совместимость с водными пробами и минеральными кислотами

Для выяснения границ совместимости с водными и кислотными пробами проведены эксперименты по внесению в одинаковые объемы (10 мл) коктейлей с возрастающими количествами эмульгатора. В каждый из флаконов вносили увеличивающиеся объемы воды и кислоты с визуальным контролем качества счетного образца. Для лучшей визуализации опыты проводились в стеклянных 20 мл флаконах для ЖС измерений. Также получены соответствующие зависимости значения параметра гашения (t_{SIE}), получаемого СОБР от объема вносимых растворов. В табл. 2 и 3

Табл.1. Свойства фоновых счетных образцов, приготовленных на основе ароматического растворителя толуола с постоянным содержанием первичного (ППО) и вторичного (ПОПОП) сцинтилляторов и переменной концентрацией Тритона X-100 (в сравнении с коктейлем Ultima Gold AB).

№ п/п	Содержание Тритон X-100, %	Значение гашения (t_{SIE})	Скорость счета (CPM)	Значение люминесценции (Бк)
1	20	654	32	$\approx 0,03$
2	31	563	33	$\approx 0,03$
3	39	502	33	$\approx 0,03$
4	50	421	35	$\leq 0,1$
5	60	356	36	$\leq 0,1$
Ultima Gold AB («PerkinElmer»)		687	33	$\approx 0,03$