

ПОДПИСАНО

Директор ГЦИ СИ ФГУП
«ВНИИ им. Д.И. Менделеева»

Н.И.Ханов

2008 г.

Комплекс спектрометров излучений
человека СИЧ-Э

Внесен в Государственный реестр
средств измерений
Регистрационный № 40109-08
Взамен № _____

Изготовлен по технической документации ООО НТЦ «РАДЭК», заводской номер № 001.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Комплекс спектрометров излучений человека СИЧ-Э зав. № 001 (далее СИЧ-Э) предназначен для прижизненного определения нуклидного состава и измерения активности инкорпорированных гамма-излучающих радионуклидов и ^{90}Sr во всем теле человека, а также для измерения активности радионуклидов в отдельных органах тела человека.

СИЧ-Э применяется для проведения экспертных обследований лиц, пострадавших при радиационных авариях и инцидентах, проживающих на радиоактивно загрязненной местности и персонала, работающего с радиоактивными веществами.

СИЧ-Э может применяться также для оценки активности гамма-излучающих радионуклидов в крупногабаритных образцах продуктов питания в натуральном виде и в пробах окружающей среды большого объема.

ОПИСАНИЕ

СИЧ-Э представляет собой комплекс высокочувствительных сцинтилляционных и полупроводниковых гамма-спектрометров, базирующихся на электронных модулях спектрометра-радиометра МКГБ-01 «РАДЭК» (Спектрометры-радиометры гамма и бета-излучений МКГБ-01 «РАДЭК», выпускаемые по ТУ 4362-010-25900756-07 фирмой ООО НТЦ «РАДЭК», включены в Госреестр под № 21730-08). Детекторы спектрометров помещены в защитную камеру больших размеров, в которой располагается также подвижное ложе с измеряемым пациентом.

СИЧ-Э состоит из:

- защитной камеры (ЗК), представляющей собой прямоугольный в плане бокс с размерами 4470*2400*2300 мм, имеющий два входных проема (для входа оператора и подачи тележки с пациентом), которые закрываются с помощью задвижных дверей. Стены, пол, потолок и двери ЗК толщиной 160 мм изготовлены из чистой от примесей радионуклидов стали. В ЗК смонтированы: спектрометрическая система линейного продольного сканирования и спектрометрическая система локального детектирования, а также системы освещения, вентиляции, видеоконтроля и двухсторонней аудио связи оператор-пациент;
- спектрометрической системы линейного продольного сканирования для определения нуклидного состава и измерения активности гамма-излучающих радионуклидов и ^{90}Sr во всем теле человека, включающей:
 - комплект из 4-х сцинтилляционных гамма-спектрометров для измерения активности гамма-излучающих радионуклидов во всем теле паци-

- ента (система БДТ) на базе блоков детектирования на основе монокристаллов NaI(Tl) размером $\varnothing 160 \times 160$ мм, попарно расположенных над и под телом пациента и закрепленных на стойке, позиционирующей их поперек тела пациента и по высоте относительно тела;
- полупроводниковый гамма-спектрометр для определения нуклидного состава инкорпорированных радионуклидов на базе коаксиального детектора GC8021SL, расположенного под направляющими подвижного ложа;
 - комплект из 4-х сцинтилляционных гамма-спектрометров для измерения активности ^{90}Sr в костной ткани всего тела пациента (система БДС) на базе блоков детектирования на основе тонких монокристаллов NaI(Tl) размером $\varnothing 150 \times 3$ мм с входным окном из алюминия толщиной не более 40-50 мкм, попарно расположенных над и под телом пациента и закрепленных на стойке, позиционирующей их поперек тела пациента и по высоте относительно тела;
 - подвижное ложе для размещения пациента, оснащенное электромеханическим и ручным приводами, обеспечивающими продольное перемещение ложа (сканирование) по задаваемым программам;
- спектрометрической системы локального детектирования инкорпорированных радионуклидов для измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов в отдельных органах, радионуклида ^{90}Sr в костной ткани, трансурановых радионуклидов в легких пациента, включающей:
 - 5 сцинтилляционных гамма-спектрометров для измерения активности гамма-излучающих радионуклидов в отдельных органах (система БДО) на базе коллимированных детекторов на основе монокристаллов NaI(Tl): четыре - размером $\varnothing 63 \times 63$ мм и один - размером $\varnothing 40 \times 40$ мм;
 - 4 полупроводниковых гамма-спектрометра для измерения в легких активности плутония, америция и др. трансурановых радионуклидов на базе планарных полупроводниковых детекторов модели GL-2020;
 - 2 сцинтилляционных гамма-спектрометра для измерения активности радионуклида ^{90}Sr в костной ткани (система БДСО) на базе блоков детектирования на основе тонких монокристаллов NaI(Tl) размером $\varnothing 63 \times 3$ мм;
 - комплекта контрольных источников радионуклидов ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{232}Th и ^{241}Am типа ОСГИ-3 для проверки работоспособности и энергетической градуировки спектрометров.

Работа СИЧ-Э осуществляется под управлением анализаторно-вычислительной системы, обеспечивающей управление спектрометрами, проведение измерений, обработку полученной спектрометрической информации, протоколирование результатов измерения активности радионуклидов и ведение базы данных результатов измерений, а также управление всеми приводами и системами автоматики комплекса. Анализаторно-вычислительная система включает в себя:

- анализаторы спектрометров, состоящие из спектрометрических усилителей и источников питания, плат АЦП и одноплатных ЭВМ, смонтированных в приборном шкафу;
- локальную вычислительную сеть, состоящую из 2 персональных компьютеров (управляющий и операционный);
- программное обеспечение ASW.

Принцип действия СИЧ-Э основан на регистрации гамма-излучения от всего тела или отдельного органа пациента соответствующей детектирующей системой.

Определение нуклидного состава инкорпорированных радионуклидов проводят с помощью полупроводникового спектрометра энергии гамма-излучения по измеренным энергиям пиков полного поглощения зарегистрированным в аппаратурном спектре.

Измерение активности гамма-излучающих радионуклидов производят по прямому измерению гамма-излучения инкорпорированных нуклидов, а содержание стронция-90 – по измерению тормозного излучения инкорпорированного $\text{Sr}^{90} + \text{Y}^{90}$. Калибровка спектрометров для измерения активности гамма-излучающих радионуклидов и стронция-90 производится с помощью стандартных образцов активности инкорпорированных радионуклидов (фантомов).

Для снижения влияния геометрии измерения и неравномерности распределения радионуклидов по организму измерение активности гамма-излучающих радионуклидов и ^{90}Sr во всем теле человека проводится четырьмя детекторами, расположенными попарно сверху и снизу, в сочетании с продольным сканированием с помощью перемещения лежа с пациентом.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Спектрометрическая система линейного продольного сканирования

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения:

- сцинтилляционные спектрометры системы БДТ от 100 до 3000 кэВ;
- сцинтилляционные спектрометры системы БДС от 15 до 200 кэВ;
- полупроводниковый спектрометр от 50 до 3000 кэВ.

Предел допускаемой основной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность энергетической шкалы):

- сцинтилляционные спектрометры системы БДТ – не более 1%;
- полупроводниковый спектрометр – не более 0.07%.

Относительное энергетическое разрешение:

- сцинтилляционных спектрометров систем БДТ по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661.7 кэВ – не более 12%;
- сцинтилляционных спектрометров системы БДС по линии гамма-излучения радионуклида ^{241}Am с энергией 59.5 кэВ – не более 30%.

Чувствительность регистрации системы БДТ в энергетическом интервале 615-705 кэВ при измерении активности радионуклида ^{137}Cs во всем теле взрослого «стандартного человека» (рост 170 см, масса 70 кг) – не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Чувствительность регистрации системы БДТ в энергетическом интервале 1375-1520 кэВ при измерении активности радионуклида ^{40}K во всем теле взрослого «стандартного человека» (рост 170 см, масса 70 кг) – не менее $4.8 \cdot 10^{-4} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Чувствительность регистрации системы БДС в энергетическом интервале 40-140 кэВ при измерении активности радионуклида ^{90}Sr во всем теле взрослого «стандартного человека» (рост 170 см, масса 70 кг) – не менее $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Минимальная обнаруживаемая активность (при экспозиции не более 30 мин.):

- системой БДТ для радионуклида ^{137}Cs – не более 30 Бк;
- системой БДС для радионуклида ^{90}Sr – не более 800 Бк.

Энергетическое разрешение полупроводникового спектрометра по линии гамма-излучения радионуклида ^{60}Co с энергией 1332.5 кэВ – не более 3 кэВ.

Эффективность регистрации сцинтилляционных спектрометров системы БДТ по пику полного поглощения гамма-квантов с энергией 661.7 кэВ от точечного источника ^{137}Cs в стандартной геометрии (источник расположен на расстоянии 160 мм от торца детектора на оси симметрии) – не менее 0.02 имп./квант.

Эффективность регистрации сцинтилляционных спектрометров системы БДС по пику полного поглощения гамма-квантов с энергией 59.5 кэВ от точечного источника ^{241}Am в

стандартной геометрии (источник расположен на расстоянии 160 мм от торца детектора на оси симметрии) – не менее 0.03 имп./квант.

Эффективность регистрации полупроводникового спектрометра по пику полного поглощения гамма-квантов с энергией 1332.5 кэВ от точечного источника ^{60}Co в стандартной геометрии (источник расположен на расстоянии 160 мм от торца детектора на оси симметрии) – не менее 0.0018 имп./квант.

Максимальная входная статистическая нагрузка:

- для сцинтилляционных спектрометров системы БДТ – $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$;
- для сцинтилляционных спектрометров системы БДС – $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$;
- для полупроводникового спектрометра – $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$.

Время установления рабочего режима – не более 30 мин.

Время непрерывной работы – не менее 24 часов.

Нестабильность энергетической характеристики за время непрерывной работы:

- для сцинтилляционных спектрометров системы БДТ – не более 1%;
- для сцинтилляционных спектрометров системы БДС – не более 1%;
- для полупроводникового спектрометра – не более 0.1%.

Спектрометрическая система локального детектирования инкорпорированных радионуклидов

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения:

- сцинтилляционные спектрометры системы БДО от 50 до 3000 кэВ;
- сцинтилляционные спектрометры системы БДСО от 15 до 200 кэВ;
- полупроводниковые спектрометры от 3 до 300 кэВ.

Предел допускаемой основной погрешности характеристики преобразования (интегральная нелинейность энергетической шкалы):

- сцинтилляционные спектрометры системы БДО – не более 1%;
- полупроводниковые спектрометры – не более 0.07%.

Относительное энергетическое разрешение сцинтилляционных спектрометров системы БДО по линии гамма-излучения радионуклида ^{137}Cs с энергией 661.7 кэВ – не более 9%.

Относительное энергетическое разрешение сцинтилляционных спектрометров системы БДСО по линии гамма-излучения радионуклида ^{241}Am с энергией 59.5 кэВ – не более 30%.

Энергетическое разрешение полупроводниковых спектрометров по линии гамма-излучения радионуклида ^{57}Co с энергией 122 кэВ – не более 0.8 кэВ.

Чувствительность регистрации в энергетическом интервале 1100-1410 кэВ при измерении активности радионуклида ^{60}Co в легких сборкой из 4-х детекторов системы БДО (БДО-11,-12,-13,-14) попарно расположенными над и под торсом – не менее $7.5 \cdot 10^{-3} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Чувствительность регистрации спектрометром БДО-15 в энергетическом интервале 330-400 кэВ при измерении активности радионуклида ^{131}I в щитовидной железе – не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Чувствительность регистрации спектрометров системы БДСО в энергетическом интервале 40 – 140 кэВ при измерении активности радионуклида ^{90}Sr в лобной кости – не менее $8 \cdot 10^{-4} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Чувствительность регистрации в пике полного поглощения гамма-квантов с энергией 59.5 кэВ при измерении активности радионуклида ^{241}Am в легких сборкой из 4-х планарных ППД (ППД-070,-071,-074,-079), расположенных над торсом – не менее $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ Бк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$.

Минимальная обнаруживаемая активность (при экспозиции не более 30 мин.):

- полупроводниковыми спектрометрами в легких пациента
 - для радионуклида ^{241}Am – не более 15 Бк;
- сцинтилляционными спектрометрами системы БДО в отдельных органах
 - для радионуклида ^{60}Co в легких – не более 20 Бк;

- для радионуклида ^{131}I в щитовидной железе – не более 5 Бк;
- сцинтилляционными спектрометрами системы БДСО в лобной кости
 - для радионуклида – ^{90}Sr не более 50 Бк.

Эффективность регистрации сцинтилляционных спектрометров системы БДО по пику полного поглощения гамма-квантов с энергией 661.7 кэВ от точечного источника ^{137}Cs в стандартной геометрии (источник расположен на расстоянии 160 мм от торца детектора на оси симметрии):

- с детектором размером $\varnothing 63 \times 63$ мм – не менее 0.0015 имп./квант;
- с детектором размером $\varnothing 40 \times 40$ мм – не менее 0.0005 имп./квант.

Эффективность регистрации сцинтилляционных спектрометров системы БДСО по пику полного поглощения гамма-квантов с энергией 59.5 кэВ от точечного источника ^{241}Am в стандартной геометрии (источник расположен на расстоянии 160 мм от торца детектора на оси симметрии) – не менее 0.006 имп./квант.

Эффективность регистрации полупроводниковых спектрометров по пику полного поглощения гамма-квантов с энергией 59.5 кэВ от точечного источника ^{241}Am в стандартной геометрии (источник расположен на расстоянии 160 мм от торца детектора на оси симметрии) – не менее 0.005 имп./квант.

Максимальная входная статистическая нагрузка:

- для сцинтилляционных спектрометров систем БДО и БДСО – $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$;
- для полупроводниковых спектрометров – $1 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$.

Время установления рабочего режима – не более 30 мин.

Время непрерывной работы – не менее 8 часов.

Нестабильность энергетической характеристики за время непрерывной работы:

- для сцинтилляционных спектрометров систем БДО и БДСО – не более 1%;
- для полупроводниковых спектрометров – не более 0.1%.

СИЧ-Э может эксплуатироваться при температуре воздуха от 10 до 35°C, относительной влажности до 75% при 30°C и атмосферном давлении от 84 до 106.7 кПа.

Питание СИЧ-Э осуществляется от сети переменного тока номинальным напряжением 220 В +10% -15% частотой 50 Гц.

Потребляемая мощность – не более 2500 ВА.

Габаритные размеры составных частей СИЧ-Э не более:

- защитная камера (ШхГхВ) – 4470х2400х2300 мм;
- блоки детектирования системы линейного продольного сканирования
 - блок детектирования системы БДТ – диаметр 200 мм, длина 400 мм;
 - блок детектирования системы БДС – диаметр 200 мм, длина 330 мм;
 - блок детектирования полупроводникового спектрометра с сосудом Дьюара – диаметр 500 мм, длина 700 мм;
- блоки детектирования системы локального детектирования инкорпорированных радионуклидов
 - блоки детектирования системы БДО
 - $\varnothing 63 \times 63$ мм – диаметр 105 мм, длина 330 мм,
 - $\varnothing 40 \times 40$ мм – диаметр 95 мм, длина 310 мм;
 - блок детектирования системы БДСО – диаметр 105 мм, длина 300 мм;
 - блок детектирования полупроводникового спектрометра с сосудом Дьюара – диаметр 222 мм, длина 660 мм;
- приборный шкаф с анализаторами спектрометров (ВхШхГ) – 2200х650х800 мм.

Масса составных частей СИЧ-Э не более:

- защитная камера 91000 кг;
- блоки детектирования системы линейного продольного сканирования
 - блок детектирования системы БДТ – 20 кг;

- блок детектирования системы БДС – 7.5 кг;
- блок детектирования полупроводникового спектрометра с сосудом Дьюара – 10 кг (без жидкого азота), 50 кг (с азотом);
- блоки детектирования системы локального детектирования инкорпорированных радионуклидов
 - блок детектирования системы БДО – 10 кг;
 - блок детектирования системы БДСО – 3.5 кг;
 - блок детектирования полупроводникового спектрометра с сосудом Дьюара – не более 9 кг (без жидкого азота), не более 14.7 кг (с азотом);
- приборный шкаф с анализаторами спектрометров – 80 кг.

ЗНАК УТВЕРЖДЕНИЯ ТИПА

Знак утверждения типа наносится методом компьютерной графики на титульном листе Руководства по эксплуатации СИЧ-Э № 001.

КОМПЛЕКТНОСТЬ

В состав СИЧ-Э входят составные части, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Наименование	Обозначение	Кол-во
Защитная камера (с подвижным ложем, системой позиционирования блоков детектирования и системой вентиляции)	ЗКПЛ	1
Блоки детектирования:		
- БДТ-1, БДТ-2, БДТ-3, БДТ-4	БДЕГ-160x160	4
- ППД-1	GC8021SL	1
- БДС-5, БДС-6, БДС-7, БДС-8	БДЕГ-150x3	4
- БДСО-9, БДСО-10	БДЕГ-63x3	2
- БДО-11, БДО-12, БДО-13, БДО-14	БДЕГ-63x63	4
- БДО-15	БДЕГ-40x40	1
- ППД-070, ППД-071, ППД-074, ППД-079	GL-2020	4
Блок модульной электроники в составе:		
- многоканальный анализатор (АЦП)	MD-198	20
- спектрометрический усилитель	Canberra мод. 2026	5
- блок высоковольтного питания	Canberra мод. 3106D	5
- крейт для блоков NIM с блоком питания	Canberra мод. 2100	2
- крейт для АЦП с блоком питания БНН-12	Europac PRO 19"	1
- приборный шкаф	PROLINE GESTR	1
Набор соединительных кабелей		1
Унифицированный фантом	УФ-02Т	1 ¹
Контрольный источник ⁵⁷ Co	ОСГИ-3-2	1 ¹
Контрольный источник ⁶⁰ Co	ОСГИ-3-2	1 ¹
Контрольный источник ¹³⁷ Cs	ОСГИ-3-2	1 ¹
Контрольный источник ¹⁵² Eu	ОСГИ-3-2	1 ¹
Контрольный источник ²²⁸ Th	ОСГИ-3-2	1 ¹
Контрольный источник ²⁴¹ Am	ОСГИ-3-2	1 ¹
Программное обеспечение для управления процессом измерения и обработки спектрометрической информации	ASW	1 ²
Компьютер		1
Принтер		1
ЗИП		1 ³

Наименование	Обозначение	Кол-во
Эксплуатационная документация:		
Комплекс спектрометров излучений человека СИЧ-Э. Руководство по эксплуатации с разделом 3 "Методика поверки"	ШФРК.412131.011 РЭ	1
Описание программы "ASW" (Приложение 1 к РЭ)		1
Комплекс спектрометров излучений человека СИЧ-Э. Паспорт	ШФРК.412131.011 ПС	1

Примечания:

- 1 Радиоизотопные источники излучения, приобретаются в ВО "Изотоп" в установленном порядке;
- 2 Программное обеспечение поставляется установленным на компьютер и (дополнительно) в виде установочной копии на компакт диске;
- 3 В качестве ЗИП в состав СИЧ-Э входят сцинтилляционные детекторы БДЕГ-63х63 (4 шт.), БДЕГ-40х40 (1 шт.), полупроводниковые планарные детекторы GL-2020 (2 шт.), анализаторы MD-198 (7 шт.), спектроскопические усилители Canberra 2026 (2 шт.) и блоки высоковольтного питания Canberra 3106D (2 шт.).

ПОВЕРКА

Поверка СИЧ-Э в условиях эксплуатации и после ремонта производится в соответствии с методикой поверки (раздел 3 руководства по эксплуатации ШФРК.412131.011.РЭ), согласованной ГЦИ СИ ФГУП "ВНИИМ им. Д. И. Менделеева" в декабре 2008 г.

При первичной поверке применяются:

- источники фотонного излучения радионуклидные спектрометрические закрытые эталонные ОСГИ-3 - рабочие эталоны 2 разряда по ГОСТ 8.033-96 активностью от 10^4 до 10^5 Бк с погрешностью не более $\pm 4\%$;
- стандартный образец активности инкорпорированных радионуклидов (унифицированный фантом, комплект УФ-02Т) ГСО 6216/6245-91 с комплектом стержневых источников с радионуклидами ^{137}Cs и ^{40}K со стержневыми источниками ^{137}Cs активностью порядка 20 кБк и ^{40}K активностью порядка 10 кБк с относительной погрешностью аттестации не более $\pm 5\%$;
- стандартный образец активности инкорпорированного стронция-90 (антропоморфный стронциевый фантом ФСТ-06Т) ГСО 7745-99 с активностью радионуклида ^{90}Sr порядка 400 кБк с относительной погрешностью аттестации не более $\pm 5\%$;
- тканезквивалентный твердотельный фантом торса с моделью легких (левого и правого), содержащей источники ОМАСН с радионуклидами ^{241}Am активностью порядка 20 кБк и ^{60}Co активностью порядка 30 кБк с относительной погрешностью аттестации не более $\pm 5\%$;
- фантом щитовидной железы ФЩЖ-04Т или эквивалент, содержащий источник ОМАСН с радионуклидом ^{133}Ba активностью порядка 30 кБк с относительной погрешностью аттестации не более $\pm 5\%$.

При периодической поверке применяются:

- источники фотонного излучения радионуклидные спектрометрические закрытые эталонные ОСГИ-3 - рабочие эталоны 2 разряда по ГОСТ 8.033-96 активностью от 10^4 до 10^5 Бк с погрешностью не более $\pm 4\%$.

Межповерочный интервал - 2 года.

НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

ГОСТ 4.59-79 "Средства измерений ионизирующих излучений. Номенклатура показателей".

ГОСТ 27451-87 "Средства измерений ионизирующих излучений. Общие технические условия".

ГОСТ 26874-86 "Спектрометры энергий ионизирующих излучений. Методы измерения основных параметров".

ГОСТ 8.033-96 "Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников".

Техническая документация фирмы-изготовителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тип комплекса спектрометров излучений человека СИЧ-Э зав. № 001 утвержден с техническими и метрологическими характеристиками, приведенными в настоящем описании типа, метрологически обеспечен при выпуске из производства, в процессе эксплуатации и после ремонта согласно государственной поверочной схеме по ГОСТ 8.033-96.

Изготовитель:

ООО НТЦ «РАДЭК».

190005, г. Санкт - Петербург,
наб. реки Фонтанки, д.116, лит. Б.

тел.(812) 320-65-17

тел/факс (812) 322-55-72

Заявитель:

Федеральное государственное учреждение
здравоохранения «Всероссийский центр
экстренной и радиационной медицины
имени А.М. Никифорова» МЧС России,
194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика
Лебедева, 4/2.

Тел. (812) 541-85-65

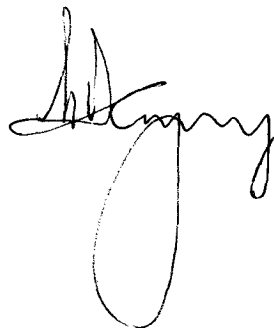
Факс (812) 541-88-05

Директор ФГУЗ ВЦЭРМ им. А.М.Никифорова
МЧС России



С.С. Алексанин

Руководитель отдела государственных
эталонов в области ионизирующих излучений
ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»



И.А. Харитонов