

Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности

Федеральная служба
по экологическому, технологическому и атомному надзору

РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Утверждены
постановлением
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 27 декабря 2007 г. № 6

Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности

РБ-042-07

Введено в действие с 1 марта 2008 г

Москва 2007

Настоящее руководство по безопасности содержит методику категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности.

Методика основана на системе категорирования, приведенной в публикациях Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), и предназначена для создания единой основы обеспечения дифференцированного (соразмерного с потенциальной радиационной опасностью закрытых радионуклидных источников) подхода к разработке и реализации мер по обеспечению безопасности и сохранности закрытых радионуклидных источников и физической защиты радиационно опасных объектов (радиационных источников) организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, строительстве, образовании, при проведении научных исследований и т.д.

Выпускается впервые *.

* Разработку осуществил коллектив в составе: Рубцов П.М., Мусорин А.И., Радченко В.Е., Бацулин А.А. (НТЦ ЯРБ), Река В.Я. (Ростехнадзор).

Содержание

1. Назначение и область применения
2. Категорирование закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности и
 - 2.1. Концепция "опасного источника"
 - 2.2. Нормирующий фактор (*D*-величина) и границы категорий опасности закрытых радионуклидных источников
 - 2.3. Категорирование закрытых радионуклидных источников на основе одного радионуклида
 - 2.4. Категорирование совокупности нескольких закрытых радионуклидных источников
- Приложение 1 Значения *D*-величин для радионуклидов
- Приложение 2 Упрощенное описание категорий опасности закрытых радионуклидных источников
- Добавление 1
- Добавление 2
- Добавление 3
- Библиографические ссылки

1. Назначение и область применения

1.1. Руководство по безопасности "Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности" (далее - Методика категорирования ЗРНИ) содержит способы, методы и критерии отнесения закрытых радионуклидных источников (ЗРНИ) ¹ к одной из установленных настоящим Руководством категорий ЗРНИ по потенциальной радиационной опасности (далее - категория опасности ЗРНИ).

1.2. Методика категорирования ЗРНИ основана на системе категорирования, представленной в публикациях Международного Агентства по Атомной Энергии (МАГАТЭ), и предназначена для создания единой основы с целью обеспечения дифференцированного (соразмерного с потенциальной радиационной опасностью ЗРНИ) подхода при разработке и осуществлении мер по обеспечению безопасности и сохранности ЗРНИ и физической защиты объектов их применения ².

1.3. Настоящее Руководство предназначено для лиц и организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии с использованием ЗРНИ, выполняющих работы и предоставляющих услуги, а также для должностных лиц и специалистов органов государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии в части, касающейся регулирования безопасности и сохранности ЗРНИ и физической защиты объектов их применения, включая следующие основные направления:

- разработка регулирующих (нормативных) документов по обеспечению безопасности и сохранности ЗРНИ и физической защиты объектов их применения;
- лицензирование видов деятельности в области использования атомной энергии, связанных с использованием ЗРНИ;
- государственный надзор и контроль за безопасностью и сохранностью ЗРНИ и физической защитой объектов их применения;
- государственный надзор за функционированием системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, в части, касающейся учета и контроля ЗРНИ;
- надзор и контроль за импортом/экспортом ЗРНИ, в том числе, в составе радиационных источников (установок, аппаратов, изделий и т.п.);
- надзор и контроль за состоянием аварийной готовности поднадзорных организаций;
- разработка мер по восстановлению контроля над бесхозными ЗРНИ;
- предоставление для широкой общественности объективной информации о потенциальной радиационной опасности, которую могут представлять собой ЗРНИ если не обеспечены меры по их безопасности и сохранности.

1.4. Приложения, включенные в настоящее Руководство, представляют собой его неотъемлемую часть и имеют тот же статус, что и основной текст. Добавления, примечания, сноски и библиографические ссылки содержат дополнительную информацию, которая может быть полезной для специалистов в области радиационной безопасности.

¹ Здесь и далее в настоящем Руководстве аббревиатура ЗРНИ используется только в тех случаях, когда речь идет именно о "закрытых радионуклидных источниках" в соответствии с определением, данным в НРБ-99. В иных соответствующих случаях, в целях упрощения восприятия текста, используются понятия: "источник" или "радионуклидный источник".

² При необходимости данную методику можно использовать также и для категорирования открытых радионуклидных источников.

2. Категорирование закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности

2.1. Концепция "опасного источника"

2.1.1. Система категорирования ЗРНИ базируется на их потенциальной способности быть причиной детерминированных эффектов для здоровья человека и основана на концепции (понятии) "опасного источника", определенного как источник, который, если он не находится под должным контролем, может приводить к облучению людей, достаточному для возникновения тяжелых детерминированных эффектов ³.

2.1.2. Концепция "опасного источника" преобразована в операционные (рабочие) параметры путем вычисления такого количества радиоактивного вещества (в единицах активности) для отдельных радионуклидов, названного D-величиной, которое могло бы привести к тяжелым детерминированным эффектам для набора наиболее типичных сценариев и путей облучения.

ЗРНИ, если не нарушена их целостность или герметичность, могут приводить только к внешнему радиационному облучению. Однако, поврежденные или негерметичные ЗРНИ (или в результате диспергирования радиоактивного вещества) так же, как и открытые радионуклидные источники, могут быть причиной загрязнения окружающей среды и поступления радиоактивных веществ в организм человека, приводя к внутреннему облучению. Поэтому при вычислении D-величин были рассмотрены две группы сценариев (путей) облучения:

- сценарии облучения от недиспергированного (герметизированного) радиоактивного вещества вычислялось значение D_1 -величины;
- сценарии облучения от диспергированного радиоактивного вещества вычислялось значение D_2 -величины.

В качестве численного значения D-величины для каждого радионуклида выбрано минимальное из двух значений (D_1 и D_2).

Численные значения D-величин для различных радионуклидов приведены в приложении 1. Краткое описание сценариев и путей облучения, рассмотренных при вычислении значений D-величин, представлено в добавлении 1. Краткое описание методологии выбора и обоснования значений D-величин представлено в добавлении 2.

³ Детерминированный эффект определяется как радиационный эффект для здоровья человека, для которого обычно существует пороговый уровень дозы, выше которого тяжесть проявления этого эффекта возрастает с увеличением дозы. Такой эффект характеризуется как "тяжелый детерминированный эффект", если он является смертельным или угрожающим жизни человека или приводит к невозместимому вреду, снижающему качество жизни.

2.2. Нормирующий фактор (D-величина) и границы категорий опасности закрытых радионуклидных источников

2.2.1. В качестве основных операционных (рабочих) параметров в системе категорирования ЗРНИ приняты значения D-величин, которые являются нормирующими факторами, используемыми для того, чтобы нормировать широкий диапазон активностей ЗРНИ различного радионуклидного состава с целью ранжирования ЗРНИ по потенциальной радиационной опасности путем отнесения их к одной из установленных категорий опасности ЗРНИ.

2.2.2. Критерием отнесения конкретного ЗРНИ к одной из установленных категорий опасности ЗРНИ является безразмерная величина, называемая в настоящем Руководстве A/D-отношением. Значение A/D-отношения вычисляется путем деления активности A материнского радионуклида ЗРНИ на соответствующее значение D-величины для данного радионуклида.

2.2.3. Согласно определению D-величины, ЗРНИ с активностью большей, чем D-величина, могут быть причиной тяжелых детерминированных эффектов, и поэтому отношение активностей $A/D = 1$ рассматривается в системе категорирования в качестве основной логической границы, разделяющей весь диапазон активностей ЗРНИ на две категории ("опасные" - $A/D \geq 1$ и "неопасные" - $A/D < 1$).

Для более подробного категорирования ЗРНИ, на основании международного опыта, обобщенного экспертами МАГАТЭ, выбраны еще три граничных значения A/D-отношений:

1. $A/D = 10$ - поскольку активность ЗРНИ в 10 раз большая, чем D-величина, может приводить к повышению угрозы для жизни людей за счет облучения в относительно короткий период времени;

2. $A/D = 1000$ - на основе опыта эксплуатации, профессиональных оценок и уроков, извлеченных из рассмотрения известных аварий;

3. $A/D = 0,01$ - на основе опыта эксплуатации, профессиональных оценок и уроков, извлеченных из рассмотрения известных аварий.

2.2.4. Значения A/D -отношений следует использовать для отнесения ЗРНИ к одной из пяти "расчетных" категорий по потенциальной радиационной опасности.

Установленные границы категорий опасности ЗРНИ:

- Категория 1 $A/D \geq 1000$ Чрезвычайно опасно для человека;
- Категория 2 $10 \leq A/D < 1000$ Очень опасно для человека;
- Категория 3 $1 \leq A/D < 10$ Опасно для человека;
- Категория 4 $0,01 \leq A/D < 1$ Опасность для человека маловероятна;
- Категория 5 $A/D < 0,01$ Опасность для человека очень маловероятна.

Примечание: нижняя граница категории 5 определяется условиями освобождения от регулирующего контроля, установленными в ОСПОРБ-99 (п. 1.8).

2.3. Категорирование закрытых радионуклидных источников на основе одного радионуклида

2.3.1. Исходными данными для категорирования ЗРНИ являются:

- паспортная активность ЗРНИ (начальная активность ЗРНИ на дату изготовления);
- D-величина для радионуклида ЗРНИ (см. табл. П.1.1 приложения 1);
- дата определения категории опасности ЗРНИ.

2.3.2. Определение (установление) категории опасности для одиночного ЗРНИ, изготовленного на основе одного радионуклида, осуществляется в несколько этапов - в соответствии с п.п. 2.3.3 - 2.3.5.

2.3.3. На первом этапе следует определить активность А ЗРНИ на дату категорирования.

Если период полураспада радионуклида ЗРНИ больше назначенного срока службы (НСС), при определении категории опасности ЗРНИ рекомендуется использовать паспортную активность.

Если период полураспада радионуклида ЗРНИ меньше НСС, при определении категории опасности ЗРНИ:

- для ЗРНИ с даты изготовления которого прошло менее одного периода полураспада следует использовать паспортную активность ЗРНИ;
- для ЗРНИ с даты изготовления которого прошло более одного периода полураспада следует вычислить активность ЗРНИ (по материнскому радионуклиду) на дату категорирования.

В случае отсутствия паспортных данных (например, в случае обнаружения бесхозного ЗРНИ), радионуклид и активность ЗРНИ следует определить по результатам непосредственных измерений.

2.3.4. На втором этапе следует вычислить A/D -отношение для ЗРНИ, на основе активности А, определенной на предыдущем этапе, и значения D-величины (табл. П.1.1 приложения 1) для радионуклида данного ЗРНИ.

2.3.5. На третьем этапе, на основании вычисленного в соответствии с п. 2.3.4 значения A/D -отношения, следует определить "расчетную" категорию опасности ЗРНИ в соответствии с установленными в п. 2.2.4 границами категорий опасности ЗРНИ.

2.3.6. Если в табл. П.1.1 приложения 1 для радионуклида ЗРНИ указано, что значение D-величины "неограниченно", данный ЗРНИ следует отнести к 5-й категории опасности ЗРНИ, при условии, что он подлежит регулируемому контролю в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99 (п. 1.8).

2.4. Категорирование совокупности нескольких закрытых радионуклидных источников

2.4.1. Возможны ситуации, когда несколько ЗРНИ находятся в непосредственной близости друг от друга, например, используются в едином производственном процессе (например, в одной установке, аппарате, блоке источников).

В таких ситуациях возможно проявление радиационного воздействия одновременно от всей совокупности (агрегации) ЗРНИ. С целью установления единого комплекса организационных и технических мер по обеспечению безопасности и сохранности этих ЗРНИ, следует устанавливать единую категорию опасности для всей совокупности ЗРНИ.

2.4.2. Если ЗРНИ, входящие в состав подобной совокупности, изготовлены на основе одного и того же радионуклида, для определения категории опасности совокупности ЗРНИ рекомендуется следующий порядок действий:

- определить активность каждого ЗРНИ в соответствии с п. 2.3.3;
- вычислить суммарную активность совокупности ЗРНИ;
- вычислить агрегированное A/D -отношение путем деления значения суммарной активности совокупности ЗРНИ на D-величину радионуклида (см. п. 2.3.4).
- на основе вычисленного агрегированного A/D -отношения определить "расчетную" категорию опасности совокупности ЗРНИ в соответствии с установленными в п. 2.2.4 границами категорий опасности ЗРНИ.

2.4.3. Если ЗРНИ, входящие в состав подобной совокупности, изготовлены на основе различных радионуклидов, для определения категории опасности совокупности ЗРНИ рекомендуется следующий порядок действий:

- определить активность каждого ЗРНИ в соответствии с п. 2.3.3;

- вычислить агрегированное A/D-отношение в соответствии с формулой:

$$\text{Агрегированное A/D-отношение} = \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

где $A_{i,n}$ - активность n -го радионуклида в i -м ЗРНИ;

D_n - D-величина для n -го радионуклида.

- на основе вычисленного агрегированного A/D-отношения определить "расчетную" категорию опасности совокупности ЗРНИ в соответствии с установленными в п. 2.2.4 границами категорий опасности ЗРНИ.

Приложение 1

Значения D-величин для радионуклидов

Значения D-величин по мере их разработки представлялись в ряде последовательных публикаций МАГАТЭ [1 - 5].

Представленные в настоящем приложении значения D-величин для различных радионуклидов (табл. П. 1.1) полностью заимствованы из публикации МАГАТЭ [5].

Таблица П.1

Значения D-величин для радионуклидов

№ п/п	Радионуклид (1)		D-величина, ТБк	Период полураспада
1	2	3	4	5
1.	Тритий	H-3	2.E+03	12.3 лет
2.	Бериллий	Be-7	1.E+00	53.3 сут
3.		Be-10	3.E+01	1.60E+6 лет
4.		C-11	6.E-02	0.34 час
5.	Углерод	C-14	5.E+01	5.73E+3 лет
6.	Азот	N-13	6.E-02	0.166 час
7.	Фтор	F-18	6.E-02	1.83 час
8.		Na-22	3.E-02	2.60 лет
9.	Натрий	Na-24	2.E-02	15.00 час
10.	Магний	Mg-28	2.E-02	20.91 час
11.	Алюминий	Al-26	3.E-02	7.16E+5 лет
12.		Si-31	1.E+01	2.62 час
13.	Кремний	Si-32+	7.E+00	4.50E+2 лет
14.		P-32	1.E+01	14.3 сут
15.	Фосфор	P-33	2.E+02	25.4 сут
16.	Сера	S-35	6.E+01	87.4 сут
17.		Cl-36	2.E+01(2)	3.01E+5 лет
18.	Хлор	Cl-38	5.E-02	0.62 час
19.		Ar-37	Неограниченно(3)	35.02 сут
20.	Аргон	Ar-39	3.E+02	269 лет
21.		Ar-41	5.E-02	1.827 час
22.		K-40	Неограниченно(3)	1.28E+9 лет
23.	Калий	K-42	2.E-01	12.36 час
24.		K-43	7.E-02	22.6 час
25.		Ca-41	Неограниченно(3)	1.40E+5 лет
26.	Кальций	Ca-45	1.E+02	163 сут
27.		Ca-47+	6.E-02	4.53 сут
28.		Sc-44	3.E-02	3.93 час
29.	Скандий	Sc-46	3.E-02	83.8 сут
30.		Sc-47	7.E-01	3.35 сут
31.		Sc-48	2.E-02	1.82 сут
32.	Титан	Ti-44+	3.E-02	47.3 лет
33.		V-48	2.E-02	16.2 сут
34.	Ванадий	V-49	2.E+03	330 сут
35.	Хром	Cr-51	2.E+00	27.7 сут
36.		Mn-52	2.E-02	5.59 сут
37.	Марганец	Mn-53	Неограниченно(3)	3.70E+6 лет
38.		Mn-54	8.E-02	312 сут
39.		Mn-56	4.E-02	2.58 час
40.		Fe-52+	2.E-02	8.28 час
41.		Fe-55	8.E+02	2.70 лет
42.	Железо	Fe-59	6.E-02	44.5 сут
43.		Fe-60+	6.E-02	1.00E+5 лет
44.		Co-55+	3.E-02	17.54 час
45.		Co-56	2.E-02	78.7 сут
46.		Co-57	7.E-01	271 сут
47.	Кобальт	Co-58	7.E-02	70.8 сут
48.		Co-58m+	7.E-02	9.15 час
49.		Co-60	3.E-02	5.27 лет
50.		Ni-59	1.E+03(2)	7.50E+4 лет
51.	Никель	Ni-63	6.E+01	96.0 лет
52.		Ni-65	1.E-01	2.52 час
53.		Cu-64	3.E-01	12.7 час
54.	Медь	Cu-67	7.E-01	2.58 сут
55.		Zn- 65	1.E-01	244 сут
56.	Цинк	Zn-69	3.E+01	0.95 час

57.		Zn-69m+	2.E-01	13.76 час
58.		Ga-67	5.E-01	3.26 сут
59.	Галлий	Ga-68	7.E-02	1.13 час
60.		Ga-72	3.E-02	14.1 час
61.		Ge-68+	7.E-02	288 сут
62.	Германий	Ge-71	1.E+03	11.8 сут
63.		Ge-77+	6.E-02	11.3 час
64.		As-72	4.E-02	1.08 сут
65.		As-73	4.E+01	80.3 сут
66.	Мышьяк	As-74	9.E-02	17.8 сут
67.		As-76	2.E-01	1.10 сут
68.		As-77	8.E+00	1.62 сут
69.		Se-75	2.E-01	120 сут
70.	Селен	Se-79	2.E+02	6.50E+4 лет
71.		Br-76	3.E-02	16.2 час
72.	Бром	Br-77	2.E-01	2.33 сут
73.		Br-82	3.E-02	1.47 сут
74.		Kr-81	3.E+01	2.1E+5 лет
75.		Kr-85	3.E+01	10.72 лет
76.	Криптон	Kr-85m	5.E-01	4.48 час
77.		Kr-87	9.E-02	1.27 час
78.		Rb-81	1.E-01	4.58 час
79.		Rb-83	1.E-01	86.2 сут
80.	Рубидий	Rb-84	7.E-02	32.8 сут
81.		Rb-86	7.E-01	18.6 сут
82.		Rb-87	Неограниченно ⁽³⁾	4.7E+10лет
83.		Sr-82	6.E-02	25.0 сут
84.		Sr-85	1.E-01	64.8 сут
85.		Sr-85m+	1.E-01	1.16 час
86.	Стронций	Sr-87m	2.E-01	2.80 час
87.		Sr-89	2.E+01	50.5 сут
88.		Sr-90+	1.E+00	29.1 лет
89.		Sr-91+	6.E-02	9.50 час
90.		Sr-92+	4.E-02	2.71 час
91.		Y-87+	9.E-02	3.35 сут
92.		Y-88	3.E-02	107 сут
93.		Y-90	5.E+00	2.67 сут
94.	Иттрий	Y-91	8.E+00	58.5 сут
95.		Y-91m+	1.E-01	0.828 час
96.		Y-92	2.E-01	3.54 час
97.		Y-93	6.E-01	10.1 час
98.		Zr-88+	2.E-02	83.4 сут
99.	Цирконий	Zr-93+	Неограниченно ⁽³⁾	1.53E+6 лет
100.		Zr-95+	4.E-02	64.0 сут
101.		Zr-97+	4.E-02	16.90 час
102.		Nb-93m	3.E+02	13.6 лет
103.	Ниобий	Nb -94	4.E-02	2.03E+4 лет
104.		Nb -95	9.E-02	35.1 сут
105.		Nb -97	1.E-01	1.20 час
106.	Молибден	Mo-93+	3.E+02 ⁽²⁾	3.50E+3 лет
107.		Mo-99+	3.E-01	2.75 сут
108.		Tc-95m	1.E-01	61.0 сут
109.		Tc-96	3.E-02	4.28 сут
110.		Tc-96m+	3.E-02	0.858 час
111.	Технеций	Tc-97	Неограниченно ⁽³⁾	5.25E+7 лет
112.		Tc-97г	4.E+01	87.0 сут
113.		Tc-98	5.E-02	4.20E+6 лет
114.		Tc-99	3.E+01	2.13E+5 лет
115.		Tc-99ш	7.E-01	6.02 час
116.		Ru-97	3.E-01	2.90 сут
117.	Рутений	Ru-103+	1.E-01	39.3 сут
118.		Ru-105+	8.E-02	4.44 час
119.		Ru-106+	3.E-01	1.01 лет
120.		Rh-99	1.E-01	16.0 сут
121.		Rh-101	3.E-01	3.20 лет
122.	Родий	Rh-102	3.E-02	2.90 лет
123.		Rh-102m	1.E-01	207 сут
124.		Rh-103m	9.E+02	0.935 час
125.		Rh-105	9.E-01	1.47 сут
126.		Pd-103+	9.E+01	17.0 сут
127.	Палладий	Pd-107	Неограниченно ⁽³⁾	6.50E+6 лет
128.		Pd-109	2.E+01	13.4 час
129.		Ag-105	1.E-01	41.0 сут
130.	Серебро	Ag-108m	4.E-02	1.27E+2 лет
131.		Ag-110m	2.E-02	250 сут
132.		Ag-111	2.E+00	7.45 сут
133.		Cd-109	2.E+01	1.27 лет
134.	Кадмий	Cd-113m	4.E+01	13.6 лет
135.		Cd-115+	2.E-01	2.23 сут
136.		Cd-115m	3.E+00	44.6 сут
137.		In-111	2.E-01	2.83 сут
138.	Индий	In-113m	3.E-01	1.66 час
139.		In-114m	8.E-01	49.5 сут
140.		In-115г	4.E-01	4.49 час

141.		Sn-113+	3.E-01	115 сут
142.		Sn-117m	5.E-01	13.6 сут
143.		Sn-119m	7.E+01	293 сут
144.	Олово	Sn-121m+	7.E+01	55.0 лет
145.		Sn-123	7.E+00	129 сут
146.		Sn-125	1.E-01	9.64 сут
147.		Sn-126+	3.E-02	1.00E+5 лет
148.		Sb-122	1.E-01	2.70 сут
149.	Сурьма	Sb-124	4.E-02	60.2 сут
150.		Sb-125+	2.E-01	2.77 лет
151.		Sb-126	2.E-02	12.4 сут
152.		Te-121	1.E-01	17.0 сут
153.		Te-121m+	1.E-01	154 сут
154.		Te-123m	6.E-01	120 сут
155.		Te-125m	1.E+01	58.0 сут
156.	Теллур	Te-127	1.E+01	9.35 час
157.		Te-127m+	3.E+00	109 сут
158.		Te-129	1.E+00	1.16 час
159.		Te-129m+	1.E+00	33.6 сут
160.		Te-131m+	4.E-02	1.25 сут
161.		Te-132+	3.E-02	3.26 сут
162.		1-123	5.E-01	13.2 час
163.		1-124	6.E-02	4.18 сут
164.		1-125	2.E-01	60.1 сут
165.		1-126	1.E-01	13.0 сут
166.	Йод	1-129	Неограниченно ⁽³⁾	1.57E+7 лет
167.		1-131	2.E-01	8.04 сут
168.		1-132	3.E-02	2.30 час
169.		1-133	1.E-01	20.8 час
170.		1-134	3.E-02	0.876 час
171.		1-135	4.E-02	6.61 час
172.		Xe-122	6.E-02	20.1 час
173.		Xe-123+	9.E-02	2.08 час
174.	Ксенон	Xe-127	3.E-01	36.41сут
175.		Xe-131m	1.E+01	11,9 сут
176.		Xe-133	3.E+00	5.245сут
177.		Xe-135	3.E-01	9.09 час
178.		Cs-129	3.E-01	1.34 сут
179.		Cs-131	2.E+01	9.69 сут
180.		Cs-132	1.E-01	6.48 сут
181.	Цезий	Cs-134	4.E-02	2.06 лет
182.		Cs-134m+	4.E-02	2.90 час
183.		Cs-135	Неограниченно ⁽³⁾	2.30E+6 лет
184.		Cs-136	3.E-02	13.1 сут
185.		Cs-137+	1.E-01	30.0 лет
186.		Ba-131+	2.E-01	11.8 сут
187.	Барий	Ba-133	2.E-01	10.7 лет
188.		Ba-133m	3.E-01	1.62 сут
189.		Ba-140+	3.E-02	12.7 сут
190.	Лантан	La-137	2.E+01	6.00E+4 лет
191.		La-140	3.E-02	1.68 сут
192.		Ce-139	6.E-01	138 сут
193.	Церий	Ce-141	1.E+00	32.5 сут
194.		Ce-143+	3.E-01	1.38 сут
195.		Ce-144+	9.E-01	284 сут
196.	Празеодим	Pr-142	1.E+00	19.13 час
197.		Pr-143	3.E+01	13.6 сут
198.	Неодим	Nd-147+	6.E-01	11.0 сут
199.		Nd-149+	2.E-01	1.73 час
200.		Pm-143	2.E-01	2.65 сут
201.		Pm-144	4.E-02	3.63 сут
202.	Прометий	Pm-145	1.E+01	17.7 лет
203.		Pm-147	4.E+01	2.62 лет
204.		Pm-148m	3.E-02	41.3 сут
205.		Pm-149	6.E+00	2.21 сут
206.		Pm-151	2.E-01	1.18сут
207.		Sm-145+	4.E+00	340 сут
208.	Самарий	Sm-147	Неограниченно ⁽³⁾	1.1E+11 лет
209.		Sm-151	5.E+02	90.0 лет
210.		Sm-153	2.E+00	1.95 сут
211.		Eu-147	2.E-01	24.0 сут
212.		Eu-148	3.E-02	54.5 сут
213.		Eu-149	2.E+00	93.1 сут
214.		Eu-150b	2.E+00	12.62 час
215.	Европий	Eu-150a	5.E-02	34.2 лет
216.		Eu-152	6.E-02	13.3 лет
217.		Eu-152m	2.E-01	9.32 час
218.		Eu-154	6.E-02	8.80 лет
219.		Eu-155	2.E+00	4.96 лет
220.		Eu-156	5.E-02	15.2 сут
221.		Gd-146+	3.E-02	48.3 сут
222.	Гадолиний	Gd-148	4.E-01	93.0 лет
223.		Gd-153	1.E+00	242 сут
224.		Gd-159	2.E+00	18.56 час

225.		Tb-157	1.E+02	1.50E+2 лет
226.	Тербий	Tb-158	9.E-02	1.50E+2 лет
227.		Tb-160	6.E-02	72.3 сут
228.		Dy-159	6.E+00	144 сут
229.	Диспрозий	Dy-165	3.E+00	2.33 час
230.		Dy-166+	1.E+00	3.40 сут
231.	Гольмий	Ho-166	2.E+00	1.12 сут
232.		Ho-166m	4.E-02	1.20E+3 лет
233.		Er-169	2.E+02	9.30 сут
234.	Эрбий	Er-171	2.E-01	7.52 час
235.		Tm-167	6.E-01	9.24 сут
236.	Тулий	Tm-170	2.E+01	129 сут
237.		Tm171	3.E+02	1.92 лет
238.		Yb-169	3.E-01	32.0 сут
239.	Иттербий	Yb-175	2.E+00	4.19 сут
240.		Lu-172	4.E-02	6.70 сут
241.		Lu-173	9.E-01	1.37 лет
242.	Лютеций	Lu-174	8.E-01	3.31 лет
243.		Lu-174m+	6.E-01	142 сут
244.		Lu-177	2.E+00	6.71 сут
245.		Hf-172+	4.E-02	1.87 лет
246.		Hf-175	2.E-01	70.0 сут
247.	Гафний	Hf-181	1.E-01	42.4 сут
248.		Hf-182+	5.E-02	9.00E+6 лет
249.		Ta-178a	7.E-02	2.2 час
250.	Тантал	Ta-179	6.E+00	1.82 лет
251.		Ta-182	6.E-02	115 сут
252.		W-178	9.E-01	21.7 сут
253.		W-181	5.E+00	121 сут
254.	Вольфрам	W -185	1.E+02	75.1 сут
255.		W -187	1.E-01	23.9 час
256.		W -188+	1.E+00	69.4 сут
257.		Re-184	8.E-02	38.0 сут
258.		Re-184m+	7.E-02	165 сут
259.		Re-186	4.E+00	3.78 сут
260.	Рений	Re-187	Неограниченно ⁽³⁾	5.0E+10 лет
261.		Re-188	1.E+00	16.98 час
262.		Re-189	1.E+00	1.01 сут
263.		Os-185	1.E-01	94.0 сут
264.		Os-191	2.E+00	15.4 сут
265.	Осмий	Os-191m+	1.E+00	13.0 час
266.		Os-193	1.E+00	1.25 сут
267.		Os-194+	7.E-01	6.00 лет
268.		Ir-189	1.E+00	13.3 сут
269.	Иридий	Ir-190	5.E-02	12.1 сут
270.		Ir-192	8.E-02	74.0 сут
271.		Ir-194	7.E-01	19.15 час
272.		Pt-88+	4.E-02	10.2 сут
273.		Pt-191	3.E-01	2.80 сут
274.		Pt-193	3.E+03	50.0 лет
275.	Платина	Pt-193m	1.E+01	4.33 сут
276.		Pt-195m	2.E+00	4.02 сут
277.		Pt-197	4.E+00	18.3 час
278.		Pt-197m+	9.E-01	1.57 час
279.		Au-193	6.E-01	17.6 час
280.		Au-194	7.E-02	1.64 сут
281.	Золото	Au-195	2.E+00	18.3 сут
282.		Au-198	2.E-01	2.69 сут
283.		Au-199	9.E-01	3.14 сут
284.		Hg-194+	7.E-02	2.60E+2 лет
285.		Hg-195m+	2.E-01	1.73 сут
286.	Ртуть	Hg-197	2.E+00	2.67 сут
287.		Hg-197m+	7.E-01	23.8 час
288.		Hg-203	3.E-01	46.6 сут
289.		Tl-200	5.E-02	1.09 сут
290.	Таллий	Tl-201	1.E+00	3.04 сут
291.		Tl-202	2.E-01	12.2 сут
292.		Tl-204	2.E+01	3.78 лет
293.		Pb-201+	9.E-02	9.40 час
294.		Pb-202+	2.E-01	3.00E+5 лет
295.		Pb-203	2.E-01	2.17 сут
296.	Свинец	Pb-205	Неограниченно ⁽³⁾	1.43E+7 лет
297.		Pb-210+	3.E-01	22.3 лет
298.		Pb-212+	5.E-02	10.64 час
299.		Bi-205	4.E-02	15.3 сут
300.		Bi-206	2.E-02	6.24 сут
301.		Bi-207	5.E-02	38.0 лет
302.	Висмут	Bi-210+	8.E+00	5.01 сут
303.		Bi-210m	3.E-01	3.00E+6 лет
304.		Bi-212+	5.E-02	1.01 час
305.	Полоний	Po-210	6.E-02	138 сут
306.	Астат	At-211	5.E-01	7.21 час
307.	Радон	Rn-222	4.E-02	3.82сут
308.		Ra-223+	1.E-01	11.4 сут
309.		Ra-224+	5.E-02	3.66 сут

310.	Радий	Ra-225+	I.E-01	14.8 сут
311.		Ra-22 6+	4.E-02	1.60E+3 лет
312.		Ra-228+	3.E-02	5.75 лет
313.		Ac-225	9.E-02	10.0 сут
314.	Актиний	Ac-227+	4.E-02	21.8 лет
315.		Ac-228	3.E-02	6.13 час
316.		Th-227+	8.E-02	18.7 сут
317.		Th-228+	4.E-02	1.91 лет
318.		Th -229+	1.E-02	7.34E+3 лет
319.	Торий	Th -230+	7.E-02 (2)	7.70E+4 лет
320.		Th-231	1.E+01	1.06 сут
321.		Th -232+	Неограниченно ⁽³⁾	1.4E+10 лет
322.		Th -234+	2.E+00	24.1 сут
323.		Pa-230+	1.E-01	17.4 сут
324.	Протактиний	Pa-231+	6.E-02	3.27E+4 лет
325.		Pa-233	4.E-01	27.0 сут
326.		U-230+	4.E-02	20.8 сут
327.		U-232+	6.E-02 (2)	72.0 лет
328.		U-233	7.E-02(4)	1.58E+5 лет
329.		U-234+	1.E-01(4)	2.44E+5 лет
330.		U-235+	8.E-05(4)	7.04E+8 лет
331.	Уран	U-23 6	2.E-01(2)	2.34E+7 лет
332.		U-238+	Неограниченно ⁽³⁾	4.47E+9 лет
333.		U природный	Неограниченно ⁽³⁾	
334.		U обедненный	Неограниченно ⁽³⁾	
335.		U (10-20%)	8.E-04(4)	
336.		U (> 20%)	8.E-05(4)	
337.		Np -235	1.E+02	1.08 лет
338.		Np-236b+	7.E-03	1.15E+5 лет
339.	Нептуний	Np-236a	8.E-01	22.5 час
340.		Np-237+	7.E-02	2.14E+6 лет
341.		Np-239	5.E-01	2.36 сут
342.		Pu-236	1.E-01	2.85 лет
343.		Pu-237	2.E+00	45.3 сут
344.		Pu-238	6.E-02	87.7 лет
345.		Pu-239	6.E-02	2.41E+4 лет
346.	Плутоний	Pu-239/Ве-9	6.E-02(5)	2.41E+4 лет
347.		Pu-240	6.E-02	6.54E+3 лет
348.		Pu-241+	3.E+00	14.4 лет
349.		Pu-242	7.E-02(2), (4)	3.76E+5лет
350.		Pu-244+	3.E-04(2), (4)	8.2 6E+7 лет
351.		Am-241	6.E-02	4.32E+2 лет
352.		Am-241/Ве-9	6.E-02 (5)	4.32E+2 лет
353.	Америций	Aiii-242m+	3.E-01	1.52E+2лет
354.		Am-243 +	2.E-01	7.38E+3 лет
355.		Am-244	9.E-02	10.1 час
356.		Cm-240	3.E-01	27.0 сут
357.		Cm-241+	1.E-01	32.8 сут
358.		Cm-242	4.E-02	163 сут
359.		Cm-243	2.E-01	28.5 лет
360.	Кюрий	Cm-244	5.E-02	18.1 лет
361.		Cm-245	9.E-02(4)	8.50E+3 лет
362.		Cm-246	2.E-01	4.73E+3 лет
363.		Cm-247	1.E-03 (4)	1.56E+7 лет
364.		Cm-248	5.E-03	3.39E+5 лет
365.	Берклий	Bk-247	8.E-02	1.38E+3 лет
366.		Bk-249	1.E+01	320 сут
367.		Cf-248+	1.E-01	334 сут
368.		Cf-249	1.E-01	3.50E+2 лет
369.		Cf-250	1.E-01	13.1 лет
370.	Калифорний	Cf-251	1.E-01	8.98E+2 лет
371.		Cf-252	2.E-02	2.64 лет
372.		Cf-253	4.E-01	17.8 сут
373.		Cf-254	3.E-04	60.5 сут

Примечания:

(1) Для всех радионуклидов при вычислении D-величин учитывалось накопление радиоактивных (дочерних) продуктов распада. Радионуклиды, для которых дочерние продукты распада вносили существенный вклад в поглощенную дозу для рассмотренных сценариев облучения, отмечены знаком "+" в колонке 3.

(2) При аварийных ситуациях, сопровождающихся выбросом в атмосферу радионуклида в таком количестве, его концентрация в воздухе может превысить уровень непосредственно опасный для жизни и здоровья людей (IDLH - Immediate Dangerous to Life or Health) вследствие высокой химической токсичности.

(3) Значение D-величины Неограниченно. Данный радионуклид, вследствие малой удельной активности, не может быть причиной тяжелых детерминированных эффектов и ЗРНИ, изготовленные на его основе, следует относить к категории 5 опасности ЗРНИ. Следует иметь в виду, что при аварийных ситуациях, сопровождающихся выбросом в атмосферу этого радионуклида в больших количествах, его концентрация в воздухе может превысить уровень непосредственно опасный для жизни и здоровья людей (IDLH), например, вследствие

высокой химической токсичности.

(4) D -величина вычислена исходя из предела критичности, установленного для данного радионуклида. Для всех радионуклидов, способных поддерживать цепную реакцию деления, при выборе D -величин учитывалась активность, соответствующая пределу предотвращения критичности (см. добавление 2).

(5) Для источников нейтронного излучения Pu-239/Be-9 и Am-241/Be-9, действие которых основано на (α , n)-реакции, D -величина соответствует опасной активности радионуклидов Pu-239 и Am-241, как альфа-излучателей.

Приложение 2

Упрощенное описание категорий опасности закрытых радионуклидных источников

В настоящем приложении (табл. П.2.1) представлено упрощенное описание категорий опасности ЗРНИ [4]. Данный текст может быть использован, в соответствующих случаях, специалистами в области радиационной безопасности (включая должностных лиц и специалистов Ростехнадзора) в целях разъяснения широкой общественности степени потенциальной опасности, которую могут представлять собой источники различных категорий в случае отсутствия надлежащих мер по обеспечению их безопасного применения и сохранности.

Система категорирования ЗРНИ по потенциальной радиационной опасности состоит из пяти категорий опасности. Такое число категорий считается достаточным для обеспечения практического применения системы категорирования источников для разнообразных целей и без обеспечения чрезмерной точности, которую сложно обосновать.

В этой системе категорирования полагается, что источники, относящиеся к категории 1, являются наиболее опасными, поскольку они могут быть чрезвычайно опасными для здоровья человека, если при обращении с ними не обеспечены их безопасность и сохранность. Облучение в течение всего нескольких минут от незащищенного источника категории 1, может привести к смерти человека.

В нижней части системы категорирования находятся наименее опасные источники категории 5, однако даже они могут привести к дозам облучения свыше установленных пределов доз при отсутствии надлежащих мер по обеспечению их безопасности и сохранности, и поэтому должны находиться под соответствующим регулирующим контролем.

В табл. П.2.1 для каждой категории источников рассмотрены два типа потенциальной опасности:

- опасность внешнего облучения при нахождении вблизи незащищенного (неэкранированного) герметизированного источника, включая опасность контактного облучения (например, в результате ношения источника в руках или в кармане);
- опасность облучения в случае диспергирования радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва и других воздействий

Третий тип опасности (не указан в табл. П.2.1) связан с потенциальной возможностью загрязнения радионуклидами системы коммунального водоснабжения:

- крайне маловероятно загрязнение коммунального водоснабжения источником категории 1 до опасных уровней, даже если радиоактивный материал хорошо растворим в воде;
- практически невозможно загрязнение коммунального водоснабжения до опасных уровней источниками, относящимися к категориям 2, 3, 4 или 5.

Таблица П.2.1

Упрощенное описание категорий опасности ЗРНИ

Категория опасности источника	Опасность при нахождении вблизи отдельного источника	Опасность в случае диспергирования радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва и других воздействий
1	Чрезвычайно опасно для человека. Такой источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может быть причиной невозместимого вреда для человека, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение более нескольких минут. Возможен смертельный исход, если человек находился вблизи такого незащищенного источника в течение периода времени от нескольких минут до 1 ч.	Такое количество радиоактивного вещества, если оно диспергировано, может, хотя это маловероятно, причинить невозместимый вред или представлять угрозу для жизни людей, находящихся в непосредственной близости. За пределами нескольких сотен метров опасность прямых эффектов для здоровья людей мала или отсутствует, но загрязненную территорию необходимо будет дезактивировать в соответствии с действующими нормами. Для источников большой активности размеры территории, подлежащей дезактивации, могут быть порядка 1 км ² и более.
2	Очень опасно для человека. Такой источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может быть причиной невозместимого вреда для человека, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение короткого времени (от нескольких минут до нескольких часов). Возможен смертельный исход, если человек находился вблизи такого незащищенного источника в течение периода времени от нескольких часов до нескольких дней.	Такое количество радиоактивного вещества, если оно диспергировано, может, хотя это крайне маловероятно, причинить невозместимый вред или представлять угрозу для жизни людей, находящихся в непосредственной близости. За пределами ста метров (или около того) опасность прямых эффектов для здоровья людей мала или отсутствует, но загрязненную территорию необходимо будет дезактивировать в соответствии с действующими нормами. Размеры территории, подлежащей дезактивации, вероятно, не превысят 1 км ² .
3	Опасно для человека. Такой источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может быть причиной невозместимого вреда для человека, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение нескольких часов. Возможен, хотя это маловероятно, смертельный исход, если человек находился вблизи такого незащищенного источника в течение периода времени от нескольких дней до нескольких недель.	Такое количество радиоактивного вещества, если оно диспергировано, может, хотя это слишком маловероятно, причинить невозместимый вред или представлять угрозу для жизни людей, находящихся в непосредственной близости. За пределами нескольких метров опасность прямых эффектов для здоровья людей мала или отсутствует, но загрязненную территорию необходимо будет дезактивировать в соответствии с действующими нормами. Размеры территории, подлежащей дезактивации, вероятно, не превысят малой части 1 км ² .

4	<p>Опасность для человека маловероятна.</p> <p>Маловероятно, чтобы кому-либо был причинен невозместимый вред этим источником.</p> <p>Однако такой незащищенный источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может, хотя это маловероятно, причинить временный вред человеку, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение многих часов или который находился вблизи от источника в течение многих недель.</p>	Такое количество радиоактивного вещества не может причинить невозместимый вред людям при диспергировании.
5	<p>Опасность для человека очень маловероятна.</p> <p>Никому не может быть причинен невозместимый вред таким источником.</p>	Такое количество радиоактивного вещества никому не может причинить невозместимый вред при диспергировании.

Примечание:

В случае диспергирования радиоактивного вещества источников 1-й, 2-й или 3-й категории, размер загрязненной территории, подлежащей дезактивации, будет зависеть от многих факторов (включая: активность, тип радионуклида, способ диспергирования, погодные условия и т.п.).

Добавление 1

Сценарии облучения, рассмотренные при вычислении D-величин

В настоящем добавлении представлено краткое описание сценариев и путей облучения, рассмотренных при вычислении D-величин. Представленные здесь сведения полностью основаны на публикации [5], где эти сценарии рассмотрены во всех деталях. Краткие сведения об основных факторах и допущениях, учтенных при вычислении D-величин, представлены в добавлении 2.

Вычисление значений D-величин для различных радионуклидов выполнено для набора типичных сценариев, которые могут приводить к облучению людей в результате потери контроля над радионуклидным источником. Эти сценарии были разработаны экспертами МАГАТЭ с учетом опыта известных аварий и других обстоятельств, включая возможное использование радиоактивных веществ в злонамеренных целях (например, в радиологическом диспергирующем устройстве).

Рассматривались две группы сценариев (путей) облучения:

- для сценариев облучения от недиспергированного (герметизированного) радиоактивного вещества вычислялось значение D₁-величины ;
- для сценариев облучения от диспергированного радиоактивного вещества вычислялось значение D₂-величины.

В табл. Д.1 для каждого сценария указаны (заштрихованные ячейки таблицы) критические органы или ткани (органы-мишени), для которых рассчитывалась величина поглощенной дозы облучения, исходя из значения которой и на основании выбранных дозовых критериев [5] выбиралось значение D-величины (минимальное из D₁ и D₂ для соответствующих сценариев).

Таблица Д.1

Сценарии облучения, рассмотренные при вычислении значений D-величин

Орган или ткань	Сценарии вычисления D 1-величины		Сценарии вычисления D 2-величины			
	I	II	III	IV	V	VI
	Карман	Помещение	Ингаляция	Поступление с пищей	Загрязнение	Иммерсия
Красный костный мозг						
Толстый кишечник						
Область легких						
Кожные покровы						
Мягкие ткани						
Щитовидная железа						
Хрусталик глаза						
Репродуктивные органы						

Сценарии облучения от недиспергированного радиоактивного вещества:

- сценарий I - "КАРМАН", в котором предполагалось, что человек носил незащищенный источник в кармане, что приводило к локальным повреждениям мягких тканей в результате внешнего контактного облучения;
- сценарий II - "ПОМЕЩЕНИЕ", в котором предполагалось, что человек находился поблизости от незащищенного источника в течение от нескольких дней до недели, что приводило к внешнему облучению всего тела человека.

Сценарии облучения от диспергированного радиоактивного вещества:

- сценарий III - "ИНГАЛЯЦИЯ", в котором предполагалось, что произошло диспергирование радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва или другого воздействия (например, в результате применения радиологического диспергирующего устройства), что приводило к внутреннему облучению в результате поступления в организм человека находящегося в воздухе радиоактивного вещества через дыхательные пути;
- сценарий IV - "ПОСТУПЛЕНИЕ С ПИЩЕЙ", в котором использовался наиболее ограничительный из двух вариантов сценария. В первом варианте предполагалось, что источник имел утечку, и затем его брали руками, что приводило к случайному (непреднамеренному) поступлению радиоактивного вещества в организм человека с пищей. Во втором варианте предполагалось, что источник был помещен в коммунальную систему водоснабжения, что приводило к загрязнению радиоактивным веществом воды, которую затем пили люди;
- сценарий V - "ЗАГРЯЗНЕНИЕ", в котором предполагалось, что в результате утечки радиоактивного вещества из источника были

загрязнены кожные покровы человека, что приводило к локальному внешнему облучению;

- сценарий VI "ИММЕРСИЯ" (только для случая облучения благородными газами), в котором предполагалось, что произошел выброс радиоактивного благородного газа в помещение, что приводило к внешнему облучению находящихся там людей.

Добавление 2

Краткое описание методологии выбора и обоснования значений D-величин

В настоящем добавлении кратко обсуждены некоторые характеристики радионуклидов, которые являются значимыми для определения D-величин. Более детально эти вопросы рассмотрены в [5].

Распад и накопление дочерних продуктов

Каждый радионуклидный источник имеет вполне определенное время жизни, называемое жизненным циклом, которое начинается с момента его изготовления и заканчивается, когда источник переводится в категорию радиоактивных отходов. Физические свойства источника изменяются в течение этого периода. Активность материнского радионуклида на момент изготовления (начальная активность) уменьшается вследствие его распада, но в некоторых случаях возможно увеличение (накопление) активности образующихся дочерних радионуклидов. Для большинства радионуклидов опасность источника уменьшается во времени вследствие уменьшения первоначальной активности материнского радионуклида. Однако, для некоторых цепочек распада радионуклидов (например, Pu-241 → Am-241) радиотоксичность дочерних радионуклидов больше, для некоторых путей облучения, чем радиотоксичность материнского радионуклида, и поэтому опасность источника может увеличиться с его возрастом.

Например, источник, содержащий Pu-241 (период полураспада 14,4 года), наиболее опасен через десять лет после изготовления, что обусловлено накоплением активности Am-241, образующегося в результате распада Pu-241. В этот момент на 1 Бк начальной активности Pu-241, приходится 0,62 Бк Pu-241 и 0,012 Бк Am-241 (последний - Am-241, имеет существенно большую радиотоксичность по сравнению с Pu-241).

Время, когда источник может оказаться в аварийном (неконтролируемом) состоянии, непредсказуемо, и, следовательно, его активность в этот момент времени также непредсказуема. Чтобы учесть это обстоятельство, для всех радионуклидов D-величины были вычислены для наиболее опасной смеси материнских и дочерних радионуклидов. Однако при этом, численные значения D-величин (см. табл. П.1 приложения 1) указаны в терминах "начальной активности" материнского радионуклида источника (до накопления дочерних продуктов распада).

Виды ионизирующих излучений, взаимодействие с веществом

В результате ядерных превращений радионуклидов могут генерироваться различные виды ионизирующих излучений. Для вычисления D-величин важны две группы излучений:

- излучение с высокой линейной передачей энергии, включая альфа-частицы и нейтроны;
- излучение с низкой линейной передачей энергии, включая бета-частицы и фотоны.

Ниже кратко рассмотрены свойства основных видов излучения и то, каким образом эти свойства учитывались при вычислении D-величин.

1. Фотонное излучение.

Радионуклиды, излучающие фотоны, представляют опасность как внешнего, так и внутреннего облучения. Фотонное излучение - один из наиболее проникающих видов излучения, способное пройти без взаимодействия многие метры в воздухе и многие сантиметры в человеческом теле. Рассеяние фотонов в воздухе не вносит существенного вклада в дозу от источника, который находится на расстоянии одного метра от человека, соответственно, это не принималось во внимание при вычислении D₁-величин. Однако многократное рассеяние фотонов в теле человека учитывалось при дозиметрических вычислениях [5].

2. Нейтронное излучение.

Нейтроны теряют энергию, прежде всего в результате взаимодействиями с легкими ядрами. Поэтому, они могут проходить метры в свинце, но эффективно задерживаются (поглощаются) водой или мягкими тканями человеческого тела. Взаимодействие нейтронов с веществом обычно приводит к образованию ядер отдачи и вторичных фотонов. Поэтому радионуклиды, испускающие нейтроны представляют собой опасность как внешнего, так и внутреннего облучения.

Один из видов источников нейтронов - радионуклиды, способные к спонтанному делению (например, Cf-252). Кроме того, некоторые (специально изготавливаемые) компактные смеси радионуклидов, испускающих альфа-частицы (например, Pu-239 и Am-241), с Be, C, N, O или F могут быть источниками нейтронов, которые образуются в результате (α, n)-реакции. Источники типа Am-241/Be-9 и Pu-239/Be-9 часто используются как нейтронные источники для различных целей и могут представлять собой опасность внешнего облучения. Однако размер фрагментов таких источников, которые человек мог бы вдохнуть или проглотить в результате диспергирования вещества этих нейтронных источников, по имеющимся оценкам слишком мал для эффективного образования нейтронного излучения за счет (α, n)-реакции. Поэтому для источников типа Am-241/Be-9 и Pu-239/Be-9 D₁-величины были вычислены с учетом внешнего облучения нейтронами, образованными по (α, n)-реакции, но при вычислении D₂-величин внутреннее облучение нейтронами за счет поступления в организм человека таких фрагментов не учитывалось.

3. Бета-излучение.

Бета-излучающие радионуклиды обычно представляют собой опасность только внутреннего облучения в результате поступления их в организм или опасность внешнего облучения кожи в результате ее загрязнения. Однако если высокоэнергетические бета- частицы взаимодействуют с веществом, которое имеет высокое атомное число Z, существенная часть их энергии может быть преобразована в фотоны тормозного излучения. По этой причине источники, содержащие радионуклиды, испускающие большое количество высокоэнергетических бета-частиц (например, Sr-90) могут быть существенными источниками проникающего излучения, которое в этом случае представляет опасность внешнего облучения. Поэтому, дозу внешнего облучения, обусловленную тормозным излучением, в необходимых случаях учитывали при вычислении D₁-величин. Образование тормозного излучения незначительно, если высокоэнергетические бета-частицы взаимодействуют с веществом, которое имеет низкий атомный номер Z, например, мягкие ткани человеческого тела. Поэтому, этот эффект не рассматривался при вычислении D₂-величин для сценариев внутреннего облучения, при поступлении радионуклидов в организм человека.

4. Альфа-излучение.

Альфа-излучение - наименее проникающий вид излучения. Альфа-частицы могут быть остановлены внешними слоями кожи, и обычно

представляют собой опасность для здоровья только после того, как испускающий альфа-частицы радионуклид поступает в организм человека. В некоторых случаях, альфа-частицы могут взаимодействовать с легкими ядрами, образуя нейтроны по реакции (α, n) как рассмотрено выше.

Ограничения по критичности

Многие радионуклиды с атомным номером Z более 87 способны поддерживать цепную реакцию деления. Это свойство рассматривалось при выборе значений D -величин для таких радионуклидов. В тех случаях, когда масса вещества соответствующая D -величине радионуклида (согласно вычислениям по одному из рассмотренных сценариев облучения) превышала предел, установленный для предотвращения критичности (подкритическую массу), в качестве значения D -величины выбиралась активность, соответствующая установленному пределу критичности для данного радионуклида. В табл. П.1 приложения 1 для таких радионуклидов сделаны соответствующие примечания.

Ограничения по химической токсичности

Выброс в воздух любого вещества может быть опасен для здоровья человека вследствие химической токсичности и других факторов, если концентрация этого вещества в воздухе достаточно высока. Некоторые радионуклиды, вследствие их низкой удельной активности, имеют такие значения D -величин, для которых соответствующая масса воздушного выброса (при диспергировании) может быть потенциально опасной по нерадиологическим причинам, например, вследствие высокой химической токсичности.

Оценка опасности радионуклидов для здоровья человека вследствие воздействия нерадиологических факторов не проводилась при выборе D -величин. Однако химическая токсичность радионуклидов для сценариев с диспергированием источников была рассмотрена путем сравнения концентрации, непосредственно опасной для жизни и здоровья людей (IDLH) с концентрацией радионуклида в воздухе в результате выброса вещества с массой, соответствующей D_2 -величине. Результаты сравнения показали, что фактически для всех радионуклидов, концентрация в воздухе, соответствующая D_2 -величине оказалась в 10 раз ниже значения IDLH, а в большинстве случаев в 1000 и более раз ниже IDLH.

Для тех радионуклидов, для которых концентрация в воздухе, рассчитанная исходя из значения D_2 -величины, оказалась сравнима или превысила значение IDLH, в таблице П.1 приложения 1 сделаны соответствующие предупредительные примечания.

Добавление 3

Рекомендованные МАГАТЭ категории опасности для некоторых распространенных видов практической деятельности с использованием закрытых радионуклидных источников

В табл. Д.3 для некоторых наиболее распространенных видов практической деятельности с использованием ЗРНИ представлены рекомендованные МАГАТЭ категории по потенциальной радиационной опасности.

Рекомендованные категории опасности ЗРНИ установлены не только на основе A/D - отношения, но и с учетом экспертных оценок специалистов МАГАТЭ, т.е. с рассмотрением дополнительных факторов (физико-химическая форма вещества ЗРНИ, мобильность, опыт известных аварий в том или ином виде практической деятельности и т.п.). При этом, для каждого конкретного вида практической деятельности, как правило, установлена единая рекомендованная категория, которая может не совпадать с расчетной категорией для ЗРНИ, используемого в этом виде практической деятельности, если его рассматривать безотносительно к виду деятельности.

Например, в таком распространенном виде практической деятельности как промышленная радиография (гамма-дефектоскопия) применяются ЗРНИ на основе различных радионуклидов и в широком диапазоне активностей. Если рассматривать дефектоскопы различных типов, используемые в них ЗРНИ могут быть отнесены к различным расчетным категориям опасности (от 2-й до 4-й). Однако экспертами МАГАТЭ было принято во внимание то, что во всем мире наблюдается очень много случаев облучения людей именно при проведении дефектоскопических работ, и на этом основании МАГАТЭ рекомендует единую "завышенную" категорию 2 для любых ЗРНИ, применяемых в гамма-дефектоскопии. Аналогичные соображения были приняты во внимание при выборе рекомендованных категорий и для ряда других видов практической деятельности.

Из этого общего правила есть несколько исключений. Например, для вида практической деятельности "брахитерапия", в котором применяются ЗРНИ на основе различных радионуклидов и в очень широком диапазоне активностей, в три отдельные категории выделены: брахитерапия высоких/средних мощностей доз (категория 2), брахитерапия малых мощностей доз (категория 4) и долговременные имплантаты (категория 5).

Строго говоря, обосновать различие между расчетной категорией и рекомендованной не представляется возможным и по этой причине рекомендованные категории следует воспринимать именно как рекомендации в каждом конкретном случае. На практике, в целях единообразия процедуры категорирования ЗРНИ, категории для видов практической деятельности (в терминах российских документов - лицензируемые виды деятельности) следует отождествлять с расчетными категориями опасности ЗРНИ, используемых при их осуществлении, и в соответствии с установленными границами категорий опасности ЗРНИ (см. п. 2.2.4.).

Представленная ниже табл. Д.3 полностью соответствует рекомендациям публикации [4], за исключением колонок 3 и 4, которые добавлены в таблицу с целью, сделать ее более иллюстративной и увязать терминологию МАГАТЭ с российской терминологией и практикой регулирования радиационной безопасности, в частности с документом [6].

Пояснения к таблице Д.3

Табл. Д.3 состоит из пяти разделов - по числу рекомендованных категорий.

Колонка 2 - ЗРНИ, применяемые в том или ином виде практической деятельности, причем "облучатель" по смыслу является синонимом ЗРНИ (или совокупности ЗРНИ).

Колонка 3 - наименование объекта применения лицензируемого вида деятельности с использованием ЗРНИ в составе радиационных источников (установок, аппаратов, оборудования, изделий), в терминологии российских нормативных документов) [6];

Колонка 4 - код объекта применения лицензируемого вида деятельности, в соответствии с [6]:

- 201 - суда и иные плавсредства с радиационными источниками;
- 202 - космические аппараты с радиационными источниками;
- 203 - космические аппараты с использованием энергии радиоактивных веществ;
- 204 - летательные аппараты с радиационными источниками;
- 205 - комплексы, в которых содержатся радиоактивные вещества;

- 206 - установки, в которых содержатся радиоактивные вещества;
- 207 - аппараты, в которых содержатся радиоактивные вещества;
- 208 - оборудование, в котором содержатся радиоактивные вещества;
- 209 - изделия, в которых содержатся радиоактивные вещества;
- 501 - не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение

Колонка 5 - обозначение радионуклида, применяемого в ЗРНИ.

Колонка 6 - значение активности применяемого ЗРНИ. Для каждого радионуклида и вида практической деятельности указано максимальное, минимальное и типичное значение активности. Необходимо отметить, что значения "Макс", "Мин" и "Тип" в данной таблице могут не соответствовать аналогичным значениям для российских установок, аппаратов и т.п., например, для промышленной радиографии в этой таблице нет данных по Cs-137, хотя ЗРНИ с данным радионуклидом применяются в российских дефектоскопах.

Колонка 7 - D-величина (ТБк) для радионуклида ЗРНИ.

Колонка 8 - A/D-отношение для максимального, минимального и типичного значения активности ЗРНИ.

Колонка 9 - расчетная категория опасности ЗРНИ, основанная на значении A/D-отношения, т.е. безотносительно к виду практической деятельности.

Таким образом, все виды практической деятельности с использованием ЗРНИ в составе каких-либо комплексов, установок, аппаратов, оборудования и т.п. должны быть соотнесены с одним из перечисленных выше объектов применения лицензируемой деятельности (коды 201-209, 501). Необходимо отметить, что в контексте данного Руководства синонимом слов "вид практической деятельности" являются слова "типичная область применения" (ГОСТ 25926-90, МС ИСО 2919-80).

Таблица Д.3

Категории источников, используемых в некоторых распространенных видах практической деятельности

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзор		Радионуклид	Активность А (ТБк)	D-величина (ТБк)	A/D-отношение	Расчетная категория основанная на A/D-отношении
		а	б					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Категория 1								
1	Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ)	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные энергетические устройства.	209	Sr-90 Sr-90 Sr-90 Pu-238 Pu-238 Pu-238	Макс 2.5E+04 Мин 3.3E+02 Тип 7.4E+02 Макс 1.0E+01 Мин 1.0E+00 Тип 1.0E+01	1.E+00 1.E+00 1.E+00 6.E-02 6.E-02 6.E-02	2.5E+04 3.3E+02 7.4E+02 1.7E+02 1.7E+01 1.7E+02	1 2 2 2 2 2
2	Облучатели, используемые для стерилизации и консервации продуктов	Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ), (бета, альфа) Установки, в которых содержатся РВ. Радиационные установки для стерилизации и консервации, (гамма)	206	Co-60 Co-60 Co-60 Cs-137 Cs-137 Cs-137	Макс 5.6E+05 Мин 1.9E+02 Тип 1.5E+05 Макс 1.9E+05 Мин 1.9E+02 Тип 1.1E+05	3.E-02 3.E-02 3.E-02 1.E-01 1.E-01 1.E-01	1.9E+07 6.2E+03 4.9E+06 1.9E+06 1.9E+03 1.1E+06	1 1 1 1 1 1
3	Самозранированные облучатели	Установки, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные облучательные установки самозащищенные, с подвижным или неподвижным облучателем, (гамма)	206	Cs-137 Cs-137 Cs-137 Co-60 Co-60 Co-60	Макс 1.6E+03 Мин 9.3E+01 Тип 5.6E+02 Макс 1.9E+03 Мин 5.6E+01 Тип 9.3E+02	1.E-01 1.E-01 1.E-01 3.E-02 3.E-02 3.E-02	1.6E+04 9.3E+02 5.6E+03 6.2E+04 1.9E+03 3.1E+04	1 2 1 1 1 1
4	Облучатели крови/ткани	Установки, в которых содержатся РВ. Медицинская радиология. Радиоизотопные установки для стерилизации крови, (гамма)	206	Cs-137 Cs-137 Cs-137 Co-60 Co-60 Co-60	Макс 4.4E+02 Мин 3.7E+01 Тип 2.6E+02 Макс 1.1E+02 Мин 5.6E+01 Тип 8.9E+01	1.E-01 1.E-01 1.E-01 3.E-02 3.E-02 3.E-02	4.4E+03 3.7E+02 2.6E+03 3.7E+03 1.9E+03 3.0E+03	1 2 1 1 1 1
5	Источники для многолучевой телетерапии (гамма-нож)	Аппараты, в которых содержатся РВ. Лучевая терапия (гамма-нож), (гамма)	207	Co-60 Co-60 Co-60	Макс 3.7E+02 Мин 1.5E+02 Тип 2.6E+02	3.E-02 3.E-02 3.E-02	1.2E+04 4.9E+03 8.6E+03	1 1 1
6	Источники для телетерапии	Аппараты, в которых содержатся РВ. Лучевая терапия. Радиоизотопные терапевтические аппараты, (гамма)	207	Co-60 Co-60 Co-60 Cs-137 Cs-137 Cs-137	Макс 5.6E+02 Мин 3.7E+01 Тип 1.5E+02 Макс 5.6E+01 Мин 1.9E+01 Тип 1.9E+01	3.E-02 3.E-02 3.E-02 1.E-01 1.E-01 1.E-01	1.9E+04 1.2E+03 4.9E+03 5.6E+02 1.9E+02 1.9E+02	1 1 1 2 2 2
Категория 2								
7	Источники для промышленной радиографии	Аппараты, в которых содержатся РВ. Промышленная радиография. Радиоизотопные дефектоскопы, (гамма)	207	Co-60 Co-60 Co-60 Ir-192 Ir-192 Ir-192 Se-75 Se-75 Se-75 Yb-169 Yb-169 Yb-169	Макс 7.4E+00 Мин 4.1E-01 Тип 2.2E+00 Макс 7.4E+00 Мин 1.9E-01 Тип 3.7E+00 Макс 3.0E+00 Мин 3.0E+00 Тип 3.0E+00 Макс 3.7E-01 Мин 9.3E-02 Тип 1.9E-01	3.E-02 3.E-02 3.E-02 8.E-02 8.E-02 8.E-02 2.E-01 2.E-01 2.E-01 3.E-01 3.E-01 3.E-01	2.5E+02 1.4E+01 7.4E+01 9.3E+01 2.3E+00 4.6E+01 1.5E+01 1.5E+01 1.5E+01 1.2E+00 3.1E-01 6.2E-01	2 2 2 2 3 2 2 2 2 3 4 4

				Tm-170	Макс	7.4E+00	2.E+01	3.7E-01	4
				Tm-170	Мин	7.4E-01	2.E+01	3.7E-02	4
				Tm-170	Тип	5.6E+00	2.E+01	2.8E-01	4
8	Источники для брахитерапии высоких/средних мощностей доз	Аппараты, в которых содержатся РВ. Лучевая терапия. Радиоизотопные терапевтические аппараты, (гамма)	207	Co-60	Макс	7.4E-01	3.E-02	2.5E+01	2
				Co-60	Мин	1.9E-01	3.E-02	6.2E+00	3
				Co-60	Тип	3.7E-01	3.E-02	1.2E+01	2
				Cs-137	Макс	3.0E-01	1.E-01	3.0E+00	3
				Cs-137	Мин	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3
				Cs-137	Тип	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3
				Ir-192	Макс	4.4E-01	8.E-02	5.6E+00	3
				Ir-192	Мин	1.1E-01	8.E-02	1.4E+00	3
				Ir-192	Тип	2.2E-01	8.E-02	2.8E+00	3
9	Калибровочные источники*	Установки, в которых содержатся РВ. Установки метрологического назначения с образцовыми эталонными источниками излучения, (гамма)	206	Co-60	Макс	1.2E+00	3.E-02	4.1E+01	2
				Co-60	Мин	2.0E-02	3.E-02	6.8E-01	4
				Co-60	Тип	7.4E-01	3.E-02	2.5E+01	2
				Cs-137	Макс	1.1E+02	1.E-01	1.1E+03	1
				Cs-137	Мин	5.6E-02	1.E-01	5.6E-01	4
				Cs-137	Тип	2.2E+00	1.E-01	2.2E+01	2
Категория 3									
10	Уровнемеры	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные приборы (уровнемеры), (гамма)	209	Cs-137	Макс	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3
				Cs-137	Мин	3.7E-02	1.E-01	3.7E-01	4
				Cs-137	Тип	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3
				Co-60	Макс	3.7E-01	3.E-02	1.2E+01	2
				Co-60	Мин	3.7E-03	3.E-02	1.2E-01	4
				Co-60	Тип	1.9E-01	3.E-02	6.2E+00	3
11	Калибровочные источники*	Установки, в которых содержатся РВ. Эталонные и калибровочные ЗРНИ, (альфа)	206	Am-241	Макс	7.4E-01	6.E-02	1.2E+01	2
				Am-241	Мин	1.9E-01	6.E-02	3.1E+00	3
				Am-241	Тип	3.7E-01	6.E-02	6.2E+00	3
12	Конвейерные датчики	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные приборы (сигнализаторы наличия/отсутствия), (гамма, альфа)	209	Cs-137	Макс	1.5E+00	1.E-01	1.5E+01	2
				Cs-137	Мин	1.1E-04	1.E-01	1.1E-03	5
				Cs-137	Тип	1.1E-01	1.E-01	1.1E+00	3
				Cf-252	Макс	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4
				Cf-252	Мин	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4
				Cf-252	Тип	1.4E-03	2.E-02	6.8E-02	4
13	Средства измерений на доменных печах	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные приборы (уровнемеры), (гамма)	209	Co-60	Макс	7.4E-02	3.E-02	2.5E+00	3
				Co-60	Мин	3.7E-02	3.E-02	1.2E+00	3
				Co-60	Тип	3.7E-02	3.E-02	1.2E+00	3
14	Датчики землечерпалок	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные приборы, (гамма)	209	Co-60	Макс	9.6E-02	3.E-02	3.2E+00	3
				Co-60	Мин	9.3E-03	3.E-02	3.1E-01	4
				Co-60	Тип	2.8E-02	3.E-02	9.3E-01	4
				Cs-137	Макс	3.7E-01	1.E-01	3.7E+00	3
				Cs-137	Мин	7.4E-03	1.E-01	7.4E-02	4
				Cs-137	Тип	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4
15	Вращающиеся измерители толщины стенок труб	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные приборы (толщиномеры), (гамма)	209	Cs-137	Макс	1.9E-01	1.E-01	1.9E+00	3
				Cs-137	Мин	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4
				Cs-137	Тип	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4
16	Пусковые источники исследовательских реакторов	Изделия, в которых содержатся РВ. Пусковые источники излучения, (n)	209	Am-241/Be	Макс	1.9E-01	6.E-02	3.1E+00	3
				Am-241/Be	Мин	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3
				Am-241/Be	Тип	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3
17	Источники для геофизических средств измерений и каротажа скважин	Изделия, в которых содержатся РВ. Радиоизотопные приборы. Скважинные приборы, применяемые при геофизических исследованиях и каротаже, (n, гамма)	209	Am-241/Be	Макс	8.5E-01	6.E-02	1.4E+01	2
				Am-241/Be	Мин	1.9E-02	6.E-02	3.1E-01	4
				Am-241/Be	Тип	7.4E-01	6.E-02	1.2E+01	2
				Cs-137	Макс	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4
				Cs-137	Мин	3.7E-02	1.E-01	3.7E-01	4
				Cs-137	Тип	7.4E-02	1.E-01	7.4E-01	4
				Cf-252	Макс	4.1E-03	2.E-02	2.0E-01	4
				Cf-252	Мин	1.0E-03	2.E-02	5.0E-02	4
				Cf-252	Тип	1.1E-03	2.E-02	5.6E-02	4
18	Кардиостимуляторы	Изделия, в которых содержатся РВ. Источники излучения, применяемые в кардиологии, (альфа)	209	Pu-238	Макс	3.0E-01	6.E-02	4.9E+00	3
				Pu-238	Мин	1.1E-01	6.E-02	1.8E+00	3
				Pu-238	Тип	1.1E-01	6.E-02	1.9E+00	3
19	Калибровочные источники(1)	Изделия, в которых содержатся РВ. Эталонные и калибровочные источники излучения, (n)	209	Pu-239/Be	Макс	3.7E-01	6.E-02	6.2E+00	3
				Pu-239/Be	Мин	7.4E-02	6.E-02	1.2E+00	3
				Pu-239/Be	Тип	1.1E-01	6.E-02	1.9E+00	3
Категория 4									
20	Источники для брахитерапии низких мощностей доз	Не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение. Радиоизотопная терапия, (гамма, бета, альфа, ЭЗ)	501	Cs-137	Макс	2.6E-02	1.E-01	2.6E-01	4
				Cs-137	Мин	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5
				Cs-137	Тип	1.9E-02	1.E-01	1.9E-01	4
				Ra-226	Макс	1.9E-03	4.E-02	4.6E-02	4
				Ra-226	Мин	1.9E-04	4.E-02	4.6E-03	5
				Ra-226	Тип	5.6E-04	4.E-02	1.4E-02	4
				I-125	Макс	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5
				I-125	Мин	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5
				I-125	Тип	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5
				Ir-192	Макс	2.8E-02	8.E-02	3.5E-01	4
				Ir-192	Мин	7.4E-04	8.E-02	9.3E-03	5
				Ir-192	Тип	1.9E-02	8.E-02	2.3E-01	4
				Au-198	Макс	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4
				Au-198	Мин	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4
				Au-198	Тип	3.0E-03	2.E-01	1.5E-02	4
				Cf-252	Макс	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4
				Cf-252	Мин	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4
				Cf-252	Тип	3.1E-03	2.E-02	1.5E-01	4
21	Толщиномеры	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Kr-85	Макс	3.7E-02	3.E+01	1.2E-03	5

				Kr-85	Мин	1.9E-03	3.E+01	6.2E-05	5
			Радиоизотопные приборы	Kr-85	Тип	3.7E-02	3.E+01	1.2E-03	5
			(толщиномеры), (гамма, бета, альфа, ЭЗ)	Sr-90	Макс	7.4E-03	1.E+00	7.4E-03	5
				Sr-90	Мин	3.7E-04	1.E+00	3.7E-04	5
				Sr-90	Тип	3.7E-03	1.E+00	3.7E-03	5
				Am-241	Макс	2.2E-02	6.E-02	3.7E-01	4
				Am-241	Мин	1.1E-02	6.E-02	1.9E-01	4
				Am-241	Тип	2.2E-02	6.E-02	3.7E-01	4
				Pm-147	Макс	1.9E-03	4.E+01	4.6E-05	5
				Pm-147	Мин	7.4E-05	4.E+01	1.9E-06	5
				Pm-147	Тип	1.9E-03	4.E+01	4.6E-05	5
				Cm-244	Макс	3.7E-02	5.E-02	7.4E-01	4
				Cm-244	Мин	7.4E-03	5.E-02	1.5E-01	4
				Cm-244	Тип	1.5E-02	5.E-02	3.0E-01	4
22	Средства измерений уровня заполнения	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Am-241	Макс	4.4E-03	6.E-02	7.4E-02	4
		Радиоизотопные приборы (уровнемеры), (альфа, гамма)		Am-241	Мин	4.4E-04	6.E-02	7.4E-03	5
				Am-241	Тип	2.2E-03	6.E-02	3.7E-02	4
				Cs-137	Макс	2.4E-03	1.E-01	2.4E-02	4
				Cs-137	Мин	1.9E-03	1.E-01	1.9E-02	4
				Cs-137	Тип	2.2E-03	1.E-01	2.2E-02	4
				Co-60	Макс	1.9E-02	3.E-02	6.2E-01	4
				Co-60	Мин	1.9E-04	3.E-02	6.2E-03	5
				Co-60	Тип	8.7E-04	3.E-02	2.9E-02	4
23	Калибровочные источники	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Sr-90	Макс	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4
		Эталонные и калибровочные источники излучения, (бета)		Sr-90	Мин	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4
				Sr-90	Тип	7.4E-02	1.E+00	7.4E-02	4
24	Датчики влажности	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Am-241/Be	Макс	3.7E-03	6.E-02	6.2E-02	4
		Радиоизотопные приборы (влагомеры, концентраторы пыли, золомеры), (п)		Am-241/Be	Мин	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4
				Am-241/Be	Тип	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4
25	Плотномеры	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Cs-137	Макс	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5
		Радиоизотопные приборы (плотномеры), (гамма)		Cs-137	Мин	3.0E-04	1.E-01	3.0E-03	5
				Cs-137	Тип	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5
26	Средства измерения влажности/плотности	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Am-241/Be	Макс	3.7E-03	6.E-02	6.2E-02	4
		Радиоизотопные приборы (влагомеры/плотномеры), (альфа, гамма)		Am-241/Be	Мин	3.0E-04	6.E-02	4.9E-03	5
				Am-241/Be	Тип	1.9E-03	6.E-02	3.1E-02	4
				Cs-137	Макс	4.1E-04	1.E-01	4.1E-03	5
				Cs-137	Мин	3.7E-05	1.E-01	3.0E-04	5
				Cs-137	Тип	3.7E-04	1.E-01	3.7E-03	5
				Ra-226	Макс	1.5E-04	4.E-02	3.7E-03	5
				Ra-226	Мин	7.4E-05	4.E-02	1.9E-03	5
				Ra-226	Тип	7.4E-05	4.E-02	1.9E-03	5
				Cf-252	Макс	2.6E-06	2.E-02	1.3E-04	5
				Cf-252	Мин	1.1E-06	2.E-02	5.6E-05	5
				Cf-252	Тип	2.2E-06	2.E-02	1.1E-04	5
27	Источники для костной денситометрии	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Cd-109	Макс	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5
		Радиоизотопные приборы (денситометры/плотномеры), (альфа, ЭЗ)		Cd-109	Мин	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5
				Cd-109	Тип	7.4E-04	2.E+01	3.7E-05	5
				Gd-153	Макс	5.6E-02	1.E+00	5.6E-02	4
				Gd-153	Мин	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5
				Gd-153	Тип	3.7E-02	1.E+00	3.7E-02	4
				I-125	Макс	3.0E-02	2.E-01	1.5E-01	4
				I-125	Мин	1.5E-03	2.E-01	7.4E-03	5
				I-125	Тип	1.9E-02	2.E-01	9.3E-02	4
				Am-241	Макс	1.0E-02	6.E-02	1.7E-01	4
				Am-241	Мин	1.0E-03	6.E-02	1.7E-02	4
				Am-241	Тип	5.0E-03	6.E-02	8.3E-02	4
28	Нейтрализаторы статического электричества	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Am-241	Макс	4.1E-03	6.E-02	6.8E-02	4
		Нейтрализаторы статического электричества, (альфа)		Am-241	Мин	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4
				Am-241	Тип	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4
				Po-210	Макс	4.1E-03	6.E-02	6.8E-02	4
				Po-210	Мин	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4
				Po-210	Тип	1.1E-03	6.E-02	1.9E-02	4
29	Диагностические изотопные генераторы	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Mo-99	Макс	3.7E-01	3.E-01	1.2E+00	3
		Радиоизотопная диагностика, (гамма)		Mo-99	Мин	3.7E-02	3.E-01	1.2E-01	4
				Mo-99	Тип	3.7E-02	3.E-01	1.2E-01	4
				Категория 5					
31	Источники для рентгено-флуоресцентных анализаторов (РФА)	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Fe-55	Макс	5.0E-03	8.E+02	6.2E-06	5
		ЗРНИ, применяемые в рентгено-флуоресцентных анализаторах, (бета, ЭЗ)		Fe-55	Мин	1.1E-04	8.E+02	1.4E-07	5
				Fe-55	Тип	7.4E-04	8.E+02	9.3E-07	5
				Cd-109	Макс	5.6E-03	2.E+01	2.8E-04	5
				Cd-109	Мин	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	5
				Cd-109	Тип	1.1E-03	2.E+01	5.6E-05	5
				Co-57	Макс	1.5E-03	7.E-01	2.1E-03	5
				Co-57	Мин	5.6E-04	7.E-01	7.9E-04	5
				Co-57	Тип	9.3E-04	7.E-01	1.3E-03	5
32	Источники датчиков электронного захвата	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Ni-63	Макс	7.4E-04	6.E+01	1.2E-05	5
		Установки контроля герметичности электронозахватные.		Ni-63	Мин	1.9E-04	6.E+01	3.1E-06	5
				Ni-63	Тип	3.7E-04	6.E+01	6.2E-06	5
				H-3	Макс	1.1E-02	2.E+03	5.6E-06	5
		Преобразователи электронозахватные, (бета-)		H-3	Мин	1.9E-03	2.E+03	9.3E-07	5
				H-3	Тип	9.3E-03	2.E+03	4.6E-06	5
33	Громоотводы	Изделия, в которых содержатся РВ.	209	Am-241	Макс	4.8E-04	6.E-02	8.0E-03	5
		ЗРНИ, применяемые в громоотводах,		Am-241	Мин	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	5
				Am-241	Тип	4.8E-05	6.E-02	8.0E-04	5

		(альфа, бета-)							
			Ra-226	Макс	3.0E-06	4.E-02	7.4E-05	5	
			Ra-226	Мин	2.6E-07	4.E-02	6.5E-06	5	
			Ra-226	Тип	1.1E-06	4.E-02	2.8E-05	5	
			H-3	Макс	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
			H-3	Мин	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
			H-3	Тип	7.4E-03	2.E+03	3.7E-06	5	
34	Источники для брахитерапии: Не относящиеся к ядерным материалам малых мощностей доз: глазные аппликаторы и долговременные имплантаты	вещества, испускающие ионизирующее излучение. Радиоизотопная терапия, (бета-)	501	Sr-90	Макс	1.5E-03	1.E+00	1.5E-03	5
				Sr-90	Мин	7.4E-04	1.E+00	7.4E-04	5
				Sr-90	Тип	9.3E-04	1.E+00	9.3E-04	5
				Ru/Rh-106	Макс	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	5
				Ru/Rh-106	Мин	8.1E-06	3.E-01	2.7E-05	5
				Ru/Rh-106	Тип	2.2E-05	3.E-01	7.4E-05	5
				Pd-103	Макс	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5
				Pd-103	Мин	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5
				Pd-103	Тип	1.1E-03	9.E+01	1.2E-05	5
35	Контрольные источники для позитронной эмиссионной томографии	Аппараты, в которых содержатся РВ. Медицинская диагностика, (ЭЗ)	207	Ge-68	Макс	3.7E-04	7.E-01	5.3E-04	5
				Ge-68	Мин	3.7E-05	7.E-01	5.3E-05	5
				Ge-68	Тип	1.1E-04	7.E-01	1.6E-04	5
36	Источники для мессбауэровской спектрометрии	Установки, в которых содержатся РВ. Установки ядерного гамма-резонанса, (бета)	206	Co-57	Макс	3.7E-03	7.E-01	5.3E-03	5
				Co-57	Мин	1.9E-04	7.E-01	2.6E-04	5
				Co-57	Тип	1.9E-03	7.E-01	2.6E-03	5
37	Тритиевые мишени	Изделия, в которых содержатся РВ. Тритиевые мишени, (бета-)	209	H-3	Макс	1.1E+00	2.E+03	5.6E-04	5
				H-3	Мин	1.1E-01	2.E+03	5.6E-05	5
				H-3	Тип	2.6E-01	2.E+03	1.3E-04	5

Примечание:

Калибровочные источники указаны во всех категориях, кроме категории 1. Они указаны в таблице для соответствующих категорий и в соответствии с радионуклидом и активностью. Регулирующий орган может изменить это назначение на основе конкретных значимых факторов и обстоятельств.

Библиографические ссылки

1. Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency - Updating IAEA-TECDOC-953, Emergency Preparedness and Response Series, EPR-Method 2003, Vienna, 2003.
2. Categorization of radioactive sources, IAEA-TECDOC-1344, IAEA, Vienna, 2003.
3. Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников, IAEA/CODEOC/2004, МАГАТЭ, Вена, 2004.
4. Категоризация радиоактивных источников, Серия норм МАГАТЭ по безопасности № RS-G-1.9, МАГАТЭ, Вена, 2005.
5. Dangerous quantities of radioactive material (D-values), Emergency Preparedness and Response Series, EPR-D-VALUES, Vienna, 2006.
6. О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии. Приказ Госатомнадзора России от 06 сентября 1999 г. № 91.