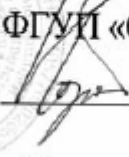



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ
(ГСССД)**

Разрешаю на депонирование
Генеральный директор
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
 А. А. Коровайцев
«31» октября 2013 г.



УДК 539.166.2 (08)

ТАБЛИЦЫ СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ

**РАДИОНУКЛИДЫ ^{44}Ti + ^{44}Sc , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am .
ЭНЕРГИЯ, АБСОЛЮТНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ЭМИССИИ
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО И
НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ГАММА- ИЗЛУЧЕНИЯ И ПЕРИОД
ПОЛУРАСПАДА**

ГСССД 286 – 2013

(ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕДАКЦИЯ, тема RU.3.049-2014)

Москва – 2013

РАЗРАБОТАНЫ ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» с участием специалиста
ФГУП «НПО «Радиового института им. В. Г. Хлопина» д – ра физ. – мат.
наук Чечева В. П.

ОДОБРЕНЫ экспертной комиссией в составе:

д–ра физ.- мат. наук В. Н. Манохина,
д–ра физ. - мат. наук И. А. Митропольского,
д–ра техн. наук Ю.С. Попова,
канд. физ. - мат. наук В. О. Сергеева,
канд. техн. наук П. В. Попова.

ПОДГОТОВЛЕНЫ к утверждению Российским научно-техническим
центром информации по стандартизации, метрологии и оценке
соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

УТВЕРЖДЕНЫ Федеральным агентством по техническому регулированию
и метрологии **«31» октября 2013 г. (протокол № 3)**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
СТАНДАРТНЫХ СПРАВЧНЫХ ДАННЫХ**

Таблицы стандартных справочных данных

Радионуклиды $^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$, ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn ,
 ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am . Энергия, абсолютная вероятность
эмиссии характеристического рентгеновского и
низкоэнергетического гамма-излучения и период
полураспада

ГСССД 286 —2013

Tables of Standard Reference Data

Radionuclides $^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$, ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn ,
 ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am . Energy, absolute emission
probability of X – rays and low energy gamma-rays and
half-life.

GSSSD 286—2013


ДЕПОНИРОВАННАЯ РУКОПИСЬ

УДК 539.166.2 (08)

Таблицы стандартных справочных данных ГСССД 286 – 2013.

Радионуклиды ^{44}Ti + ^{44}Sc , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am . Энергия, абсолютная вероятность эмиссии характеристического рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения и период полураспада/В.П. Чечев; Росс. научн.–технич. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” – М., 2013, - 15 с.: Ил. – Библиогр. назв. Депонированы в ФГУП “СТАНДАРТИНФОРМ” 31.10.2013 г., № 878 – 2013 КК.

Настоящие таблицы стандартных справочных данных (ССД) представляют собой результат ревизии таблиц ГСССД 108-2003 с учётом новой опубликованной информации по состоянию на 2013 год. Они содержат оценённые значения энергии, абсолютной вероятности эмиссии характеристического рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения и периода полураспада.

Автор :  В. П. Чечев

Настоящие таблицы стандартных справочных данных (ССД) представляют собой результат ревизии таблиц ГСССД 108-2003 с учётом новой опубликованной информации по состоянию на 2013 год. Они содержат оценённые значения энергии, абсолютной вероятности эмиссии характеристического рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения и периода полураспада $^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$, ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am .

Указанные радионуклиды входят в состав отечественных комплектов стандартных образцов «Источники рентгеновского излучения». Эти комплекты используются в атомной энергетике, технике, медицине и научных исследованиях для **калибровки** спектрометрической и радиометрической аппаратуры в области малых энергий квантов 5÷140 кэВ. Качество калибровочных измерений зависит от многих факторов, таких как изготовление источника или геометрия источник-детектор, но точность измерения во всех случаях определяется точностью кривой зависимости эффективности детектора от энергии фотонного излучения и, следовательно, определяется точностью и достоверностью основных характеристик распада радионуклидов, использованных для калибровки детекторов.

За 10 лет, прошедших с момента разработки таблиц ГСССД 108-2003, были опубликованы новые данные по характеристикам распада $^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$, ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am , повысившие их достоверность и точность. Это диктует необходимость обновления рекомендуемых значений энергии, абсолютной вероятности эмиссии характеристического рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения и периода полураспада указанных радионуклидов, что и сделано в настоящих таблицах стандартных справочных данных.

Номенклатура радионуклидов в настоящих таблицах ССД соответствует ГСССД 108-2003 [1]. В таблицы ССД, как и ранее [1,2], включены характеристики дискретного фотонного излучения с энергией 5÷140 кэВ и абсолютной вероятностью эмиссии больше 0,1% от числа распадов.

Период полураспада для каждого нуклида дан в сутках и также в годах, если его значение превышает 1 год (= 365,24219878 суток).

При разработке настоящих таблиц использованы оцененные данные международной кооперации Decay Data Evaluation Project (DDEP) [3-8]. Цель этой кооперации, включающей представителей ведущих метрологических и ядерных лабораторий мира, состоит в разработке высококачественных таблиц оценённых данных для широко применяемых радионуклидов. Способы получения оценённых данных участниками кооперации DDEP соответствуют критериям и рекомендациям аттестованной методики оценки [9].

В тех случаях, когда по сравнению с экспериментальной информацией, рассмотренной участниками кооперации DDEP, на начало 2013 года имелись новые опубликованные экспериментальные данные, автором настоящих таблиц ССД выполнена переоценка рекомендуемых значений ядерно-физических характеристик.

Погрешности всех величин в таблицах ССД даны в круглых скобках в единицах последней значащей цифры для доверительной вероятности 0,68 (1σ). Эта погрешность в настоящее время принята для оценки ядерных данных. При паспортизации и применении стандартных образцов и радионуклидных источников часто используется доверительная вероятность $P=0,95$ (2σ). В этом случае погрешности ССД, приведённые в таблицах, следует увеличить вдвое.

Для энергии компонентов характеристического рентгеновского излучения даны расчётные теоретические значения. Погрешности для них, как правило, не указываются. Тем не менее, из имеющейся экспериментальной информации можно оценить, что неопределённость значений энергии в интервалах, приведённых в настоящих таблицах, не превышает 1 эВ. Для наиболее интенсивных рентгеновских линий ($K\alpha_2$, $K\alpha_1$ и др.) погрешности энергии известны из непосредственных измерений. В таких случаях они приняты из стандартных справочных данных [10].

Ниже для характеристик, включённых в таблицы ССД, приведены основные черты процедуры оценки их значений.

1. Энергия гамма-излучения

При оценке значений *энергии гамма-излучения* (E_γ) в качестве исходной энергетической нормали принята гамма-линия с энергией $411,80205 \pm 0,00017$ кэВ (^{198}Au) [11]. Значения E_γ в большинстве случаев оценены путем усреднения имеющихся экспериментальных данных. Для некоторых слабых гамма-лучей малой энергии они выведены непосредственно из энергии уровней дочерних ядер.

2. Абсолютная вероятность эмиссии гамма-излучения

Абсолютная вероятность эмиссии гамма-излучения (P_γ) дана в процентах от числа распадов радионуклида, т.е. представляет собой число γ -квантов данной энергии на 100 распадов. Большинство значений P_γ рассчитано на основе данных об относительной интенсивности гамма-излучения с использованием либо баланса интенсивностей гамма- переходов, либо непосредственно измеренной на опыте абсолютной интенсивности какой-либо одной гамма-линии.

3. Энергия характеристического рентгеновского излучения

Значения *энергии характеристического рентгеновского излучения* ($E_{\text{ХК}}$, $E_{\text{ХЛ}}$) основаны на измерениях длин волн, приведенных в компиляции [12]. Оценённые значения энергии компонентов КХ-излучения в килоэлектронвольтах (кэВ) приняты из данных [10,13].

4. Абсолютная вероятность эмиссии характеристического рентгеновского излучения

Оценённые значения *абсолютной вероятности эмиссии* компонентов КХ- и ЛХ- излучений ($P_{\text{ХК}}$, $P_{\text{ХЛ}}$) получены расчётным путём с использованием компьютерной программы EMISSION [14] и атомных данных из [13] (подробнее см. [9]).

5. Период полураспада

Периоды полураспада ($T_{1/2}$) рассмотренных радионуклидов оценены посредством статистической обработки конкретных экспериментальных данных. Технология оценки представлена в [9].

6. Коэффициенты внутренней конверсии

Коэффициенты внутренней конверсии (КБК) используются в расчётах абсолютной вероятности эмиссии гамма- и характеристического рентгеновского излучений. Интерполяция КБК выполняется с использованием программы BrIcc v.2.3S, помещённой на сайте NNDC BNL [15], для набора данных BrIccFO (расчёт по модели с т.н. «замороженной орбиталью» [16]).

7. Источники получения рекомендуемых значений

Рекомендуемые в качестве ССД значения указанных выше характеристик получены на основе оценённой информации из [4-6,8,17] с учётом (в необходимых случаях) новых опубликованных результатов измерений. По радионуклидам источники оценённых данных распределяются следующим образом: $^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$ - [4,8], ^{54}Mn - [4,8,17, 19, 20], ^{55}Fe - [5,8,17], ^{57}Co - [4,8,17,20], ^{65}Zn - [5,8,17,20,21], ^{109}Cd - [4,8,20,23], ^{207}Bi - [6,8,17,20], ^{241}Am - [6,8,24].

Для радионуклидов ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am по сравнению с [4-6, 8, 17] учтены новые экспериментальные и теоретические данные и в необходимых случаях, как изложено ниже, выполнена переоценка рекомендуемых значений характеристик.

7.1. ^{54}Mn .

В таблицах ГСССД 271-2011 [18] рекомендуемое значение периода полураспада ^{54}Mn 312,14(3) сут. было получено с учётом измерения 2010 года [19] и наиболее точного результата измерения в NIST (США), выполненного в 1992 году с помощью их стандартизированной ионизационной камеры. Однако в 2012 году, обнаружив систематический дрейф со временем держателя источника в камере, они пересмотрели результаты своих измерений, существенно увеличив заявленные ранее погрешности измерений [20]. Тем не менее, наше новое оценённое значение $T_{1/2}^{54}\text{Mn}$ с учётом указанного изменения результата NIST (благодаря методике оценки, ограничивающей относительный вес результатов измерений величиной 0,5) изменилось по сравнению с [18] незначительно: 312,15(3) сут.

7.2. ^{57}Co

Пересмотренное в связи с публикацией [20] рекомендуемое значение периода полураспада ^{57}Co также изменилось по сравнению с [18] незначительно: 271,80 (4) сут. вместо 271,80(5) сут.

7.3. ^{65}Zn .

Рекомендуемое значение периода полураспада $T_{1/2} (^{65}\text{Zn}) = 243,88(22)$ сут. получено с учётом результата измерения 2006 года [21] и изменения результата NIST [20]. Полученное значение можно сравнить со значением $T_{1/2} (^{65}\text{Zn}) = 243,86(20)$ сут., рекомендованным ранее (без учёта [21]) в отчёте МАГАТЭ [17].

7.4. ^{109}Cd .

В связи с изменением результата измерения $T_{1/2} (^{109}\text{Cd})$ в NIST [20] расхождение набора опубликованных с 1981 года экспериментальных значений $T_{1/2} (^{109}\text{Cd})$ уменьшилось, и оценённое (рекомендуемое) значение периода полураспада ^{109}Cd значительно уточнено по сравнению с [18]: 462,5(3) суток.

Рекомендуемые данные для характеристик фотонного излучения в распаде ^{109}Cd приняты с использованием оценки 2010 года [22] и с учётом нового измерения абсолютной вероятности эмиссии гамма-излучения $P_\gamma = 0,03663(33)$ [23].

7.5. ^{207}Bi .

Основываясь на недавнем анализе всех опубликованных измерений периода полураспада ^{207}Bi [24], рекомендуемое в качестве ССД значение $T_{1/2} (^{207}\text{Bi})$ принято из скорректированных результатов NIST [20], полученных с ионизационной камерой в течение 28 лет наблюдений: 31,22(17)лет.

7.6. ^{241}Am .

Рекомендуемое значение абсолютной вероятности эмиссии гамма-излучения с энергией 26,34 кэВ в распаде ^{241}Am получено с учётом результата измерения 2010 года [25].

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ
РАДИОНУКЛИДЫ $^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$, ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am .
ЭНЕРГИЯ, АБСОЛЮТНАЯ ВЕРОЯТНОСТЬ ЭМИССИИ ГАММА- И
ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЙ И
ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА

$^{44}\text{Ti} + ^{44}\text{Sc}$ $T_{1/2} (^{44}\text{Ti}) = 2,19(4) \cdot 10^4$ суток [60,0(11) лет] $T_{1/2} (^{44}\text{Sc}) = 0,1654(17)$ суток [3,97(4) ч]		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
γ_1	67,8679(14)	93,0(15)
γ_2	78,36(3)	96,4(11)

^{54}Mn $T_{1/2} = 312,15(3)$ суток		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
XL (Cr)	0,500 – 0,652	0,65(13)
$K\alpha_2$ (Cr)	5,405538(8)	7,66(13)
$K\alpha_1$ (Cr)	5,414805(8)	15,0(3)
$K\beta_1$ (Cr)	5,94682(2)	3,05(6)

^{55}Fe $T_{1/2} = 1003,4(30)$ суток [2,747(8) лет]		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
$K\alpha_2$ (Mn)	5,8877(5)	8,45(14)
$K\alpha_1$ (Mn)	5,8988(5)	16,57(27)
$K'\beta_1$ (Mn)	6,4905(5)	3,40(7)

^{57}Co $T_{1/2} = 271,80(4)$ суток		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
XL (Fe)	0,615 – 0,792	1,55(13)
$K\alpha_2$ (Fe)	6,39103(1)	16,8(3)
$K\alpha_1$ (Fe)	6,40401(1)	33,2(5)
$K\beta$ (Fe)	7,058 – 7,108	7,1(2)
γ	14,4130(3)	9,15(17)
γ	122,06065(12)	85,51(6)
γ	136,4736(3)	10,71(15)

^{65}Zn $T_{1/2} = 243,88(22)$ суток		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
XL (Cu)	0,811-1,022	1,305(21)
$K\alpha_2$ (Cu)	8,027842(3)	11,76(13)
$K\alpha_1$ (Cu)	8,047823(3)	22,91(22)
$K\beta_1$ (Cu)	8,90541(4)	4,82(7)

^{109}Cd $T_{1/2} = 462,5(3)$ суток [1,2663(8) лет]		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
XL (Ag)	2,634-3,750	10,4(3)
$K\alpha_2$ (Ag)	21,9903(1)	29,2(4)
$K\alpha_1$ (Ag)	22,16292(3)	55,1(7)
$K'\beta_1$ (Ag)	24,912-25,146	15,26(18)
$K'\beta_2$ (Ag)	25,457-25,512	2,66(10)
γ	88,0336(1)	3,63(3)

^{207}Bi $T_{1/2} = 1,140(6) \cdot 10^4$ суток [31,21(16) лет]		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
XL (Pb)	9,185-15,843	32,9(6)
$K\alpha_2$ (Pb)	72,8049(8)	21,75(30)
$K\alpha_1$ (Pb)	74,9700(9)	36,6(5)
$K'\beta_1$ (Pb)	84,451-85,470	12,49(25)
$K'\beta_2$ (Pb)	87,238-88,003	3,77(10)

^{241}Am $T_{1/2} = 1,5800(22) \cdot 10^5$ суток [432,6(6) лет]		
Вид фотонного излучения	Энергия $E(\Delta E)$, кэВ	Вероятность эмиссии $P(\Delta P)$, % от числа распадов
Ll (Np)	11,886(9)	0,844(9)
$L\alpha$ (Np)	13,760-13,944	13,02(10)
$L\eta$ (Np)	15,876(9)	0,384(20)
$L\beta$ (Np)	16,13-17,99	18,58(13)
$L\gamma$ (Np)	20,12-22,20	4,83(3)
γ	26,3446(2)	2,32(8)
γ	33,1963(3)	0,122(3)
γ	59,5409(1)	35,92(17)

ЛИТЕРАТУРА

1. ГСССД 108-2003. Таблицы стандартных справочных данных. Радионуклиды ^{44}Ti , ^{44}Sc , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{109}Cd , ^{207}Bi , ^{241}Am : энергия, абсолютная вероятность характеристического рентгеновского и низкоэнергетического гамма-излучения и период полураспада. /В.П. Чечев. – М.: 2003. / Депонировано во ВНИЦ СМВ Госстандарта.
2. V.P. Chechev. // Measurement Techniques. 2003. V. 46, No. 12. P. 1202.
3. R.G. Helmer, E. Browne and M.-M. Be. *International Decay Data Evaluation Project*. / J. of Nucl. Sci. Techn., 2002, Suppl. 2, vol.1, p. 455-458.
4. M.-M. Be, V. Chiste, C. Dulieu, E. Browne, V. Chechev, N. Kuzmenko, R. Helmer, A. Nichols, E. Schönfeld, and R. Dersch. *Table of Radionuclides (Vol. 1 – A = 7 to 150)*. // Bureau International des Poids et Mesures, 2004.
5. M.-M. Be, V. Chiste, C. Dulieu, E. Browne, V. Chechev, N. Kuzmenko, R. Helmer, F. Kondev, D. MacMahon and K.B. Lee. *Table of Radionuclides (Vol. 3 – A = 3 to 244)*. / Sevres: Bureau International des Poids et Mesures, 2006.
6. M.-M. Be, V. Chiste, C. Dulieu, X. Mougeot, E. Browne, V. Chechev, N. Kuzmenko, F. Kondev, A. Luca, M. Galan, A. Arinc, and X. Huang. *Table of Radionuclides (Vol.5 – A = 22 to 244)*. / Sevres: Bureau International des Poids et Mesures, 2010.
7. M.-M. Be, V. Chiste, C. Dulieu, X. Mougeot, V. P. Chechev, N. K. Kuzmenko, F. G. Kondev, A. Luca, M. Galan, A. L. Nichols, A. Arinc, a. Pearce, X. Huang, B. Wang, *Table of Radionuclides (Vol. 6 - A = 22 to 242)* // Monographie BIPM-5, vol.6, Bureau International des Poids et Mesures (2011).
8. *Recommended Data by the Decay Data Evaluation Project working group*. / URL: http://www.nucleide.org/DDEP_WG/DDEPdata.htm.
9. В.П. Чечев. *Методы получения оценённых значений ядерно-физических характеристик радиоактивных нуклидов*. / ГСССД МО 130-2000. - М.: 2008.
10. ГСССД 252-2010. Таблицы стандартных справочных данных. Энергия характеристического рентгеновского излучения при переходах в электронных оболочках атомов химических элементов с атомным номером от 4 до 100 /

Бормашов В.С., Коростылев Е.В., Кузин А.Ю., Батурин А.С. – М.: 2010. / Росс. научн. – техн. центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. Депонировано в ФГУП “Стандартинформ”.

11. R.G. Helmer and C. van der Leun. *Recommended standards for γ -ray energy calibration (1999)*. / Nucl. Instr. Methods Phys. Res. 2000. V. A450. P. 35.

12. J.A. Bearden. *X-Ray Wavelengths*. / Rev. Mod. Phys. 1967. V. 39. P. 78.

13. E. Schönfeld and H. Janßen. *Evaluation of Atomic Shell Data*. / Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 1996. V. A369. P. 527.

14. E. Schönfeld and H. Janßen. *Calculation of emission probabilities of X-rays and Auger electrons emitted in radioactive disintegration processes*. / Appl. Radiat. Isot. 2000. V. 52. P. 595.

15. Nuclear Structure and Decay Tools. – New York: Brookhaven National Laboratory. URL: <http://www.nndc.bnl.gov>

16. T. Kibedi, T.W. Burrows, M.B. Trzhaskovskaya, P.M. Davidson, and C.W. Nestor, Jr. // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 2008. V. A589. P. 202.

17. Update of X Ray and Gamma Ray Decay Data Standards for Detector Calibration and Other Applications. – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2007.

18. ГСССД 271-2011. Таблицы стандартных справочных данных. Радионуклиды ^{22}Na , ^{54}Mn , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , ^{75}Se , ^{88}Y , ^{109}Cd , ^{113}Sn , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{139}Ce , ^{152}Eu , ^{228}Th , ^{241}Am . Энергия, абсолютная вероятность гамма- и характеристического рентгеновского излучений и период полураспада. /В.П. Чечев. – М.: 2011. / Депонировано в ФГУП “Стандартинформ”.

19. Van Ammel, J. Paepen, S. Pommé and G. Sibbens. *Measurement of the ^{54}Mn half-life*. / Appl. Radiat. Isot. 2010. V. 68. P. 2387.

20. R. Fitzgerald. *NIST Ionization Chamber “A” Sample-Height Corrections*. / J. Res. Nat. Inst. Stand. Techn. 2012. V. 117. P. 80.

21. K. Kossert, H. Janssen, R. Klein, M. Schneider, H. Schrader. *Standardization and nuclear decay data of ^{65}Zn* . / Appl. Radiat. Isot. 2006. V. 64. P. 1420.

22. Huang Xiaolong, Yin Shenggui and Deng Chunsheng. *Evaluation of the decay data of ^{109}Cd* . / Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. 2010. V. A621. P. 443.
23. K. Kossert, H. Janssen, R. Klein, M. Schneider, H. Schrader. *Activity standardization and nuclear decay data of ^{109}Cd* . / Appl. Radiat. Isot. 2006. V. 64. P. 1031.
24. F.G. Kondev, S. Lalkovski. // Nuclear Data Sheets. 2011. V. 112. P. 707.
25. D.S. Moreira, M.F. Koskinas, I.M. Yamazaki, M.S. Dias. *Determination of ^{51}Cr and ^{241}Am X-ray and gamma-ray emission probabilities per decay*. / Appl. Radiat. Isot. 2010. V. 68. P. 596.