

# ЭКСПЕРТНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по верификационному отчету

РАДИОНУКЛИДЫ -

стандарты характеристического рентгеновского и гамма – излучений:

$^{22}\text{Na}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{42}\text{K}$ ,  $^{46}\text{Sc}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{56}\text{Mn}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{56}\text{Co}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{64}\text{Cu}$ ,  
 $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{66}\text{Ga}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{68}\text{Ga}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{93\text{m}}\text{Nb}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  
 $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Rh}$ ,  $^{108\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{113}\text{Sn}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{123\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  
 $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Pr}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{153}\text{Gd}$ ,  $^{166}\text{Ho}$ ,  $^{166\text{m}}\text{Ho}$ ,  
 $^{170}\text{Tm}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{203}\text{Hg}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  
 $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Am}$

ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА, ЭНЕРГИЯ И АБСОЛЮТНАЯ  
ВЕРОЯТНОСТЬ ЭМИССИИ X- и ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Категория достоверности данных по ГОСТ 8.310-90

СТАНДАРТНЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ

Работа выполнена в Центре радионуклидных данных АО «Радиевый институт  
им. В.Г. Хлопина»

Руководитель Центра радионуклидных данных:  
кандидат физ.-мат. наук Н.К. Кузьменко

Работа посвящена оценке основных ядерно-физических характеристик распада 75 радионуклидов  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{42}\text{K}$ ,  $^{46}\text{Sc}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{56}\text{Mn}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{56}\text{Co}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{64}\text{Cu}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{66}\text{Ga}$ ,  $^{67}\text{Ga}$ ,  $^{68}\text{Ga}$ ,  $^{75}\text{Se}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{93\text{m}}\text{Nb}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{106}\text{Rh}$ ,  $^{108\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{111}\text{In}$ ,  $^{113}\text{Sn}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{123\text{m}}\text{Te}$ ,  $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{144}\text{Pr}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$ ,  $^{153}\text{Gd}$ ,  $^{166}\text{Ho}$ ,  $^{166\text{m}}\text{Ho}$ ,  $^{170}\text{Tm}$ ,  $^{169}\text{Yb}$ ,  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{203}\text{Hg}$ ,  $^{201}\text{Tl}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{234\text{m}}\text{Pa}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Am}$ .

Для перечисленных радионуклидов представлены таблицы, содержащие оценку периода полураспада, энергии, абсолютной вероятности эмиссии гамма- и характеристического рентгеновского излучений (в процентах от числа распадов).

**Актуальность** работы определяется тем, что экспериментальное изучение процессов, протекающих в веществе (в ядерной энергетике, радиозэкологии, медицине, переработке радиоактивных отходов, поиске полезных ископаемых, безопасности, научных исследованиях) базируется на излучениях содержащихся

в нем или вводимых извне радионуклидов. Для калибровки спектрометрической и радиометрической аппаратуры используются стандартные радионуклидные источники, список которых был утвержден МАГАТЭ в 2007 г. Лидирующие позиции Российской Федерации в ядерной энергетике и смежных областях науки и техники делают особо актуальной разработку отечественных таблиц справочных данных по радионуклидам – стандартам X,  $\gamma$  - излучений. Дело в том, что существующие на настоящий момент многочисленные справочные таблицы (например, ENSDF - Evaluated Nuclear Structure Data File) страдают отсутствием единого подхода к оценке основных характеристик исследуемых радионуклидов, что делает затруднительным единообразную проверку достоверности и надежности приводимых в них справочных данных. Кроме того, многие таблицы устарели и не учитывают последние экспериментальные и теоретические результаты. Представленный отчет закрывает указанную брешь в мировой справочной литературе. Использование единообразной методики оценки, основанной на оригинальном подходе, разработанном сотрудниками Центра радионуклидных данных и принятом международной коллаборацией DDEP, включение в массив анализируемых данных самых последних результатов 2018 г. делает данное исследование уникальным достижением мирового уровня, необходимым для решения многочисленных практических и научных задач.

**Достоверность** результатов работы вытекает из того, что:

1) в основе оценок лежит разработанная сотрудниками Центра радионуклидных данных аттестованная методика оценки ГСССД МО 268, одобренная международной кооперацией DDEP (Decay Data Evaluation Project). В частности, подобная методика является наиболее достоверным методом определения погрешностей в случае использования данных, полученных в разных лабораториях;

2) большинство ядерно-физических характеристик распада оценено на основе наиболее авторитетных источников экспериментальных данных.

**Новизна** полученных результатов основана на использовании для оценок самых последних экспериментальных данных (включая 2018 г.), в том числе не нашедших отражения в других существующих таблицах, применении новейших таблиц атомных масс AME2016, использовании последней версии программы BrIsc v.2.3S для интерполяции коэффициентов внутренней конверсии.

Несмотря на значительное количество рассмотренных радионуклидов, можно пожелать авторам дополнить его некоторыми радионуклидами, применяемыми в ядерной медицине. Чрезвычайно важно не завершать проведенной исследование и постоянно модернизировать таблицы с учетом новых экспериментальных и теоретических достижений.

**Заключение.** Работа выполнена на высочайшем международном уровне и является достоверным и актуальным источником справочной информации по периодам полураспада, энергиям и абсолютным вероятностям эмиссии X- и гамма-излучений, а представленный верификационный отчет заслуживает утверждения комиссией по аттестации стандартных и справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в области использования атомной энергии.

Доцент Санкт-Петербургского государственного университета»,

к.ф.-м.н.



А.К. Власников



13.11.2018

ДОКУМЕНТ  
ПОДГОТОВЛЕН  
ПО ЛИЧНОЙ  
ИНИЦИАТИВЕ

Текст документа размещен  
в открытом доступе  
на сайте СПбГУ по адресу  
<http://www.spbgpu.ru/soobs/acc/ekspert.htm>