

В. Т. Купряшкин

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ЭНЕРГИИ И ИНТЕНСИВНОСТИ γ -ПЕРЕХОДОВ В РАСПАДЕ ^{137}Cs

С целью проверки данных распада ^{137}Cs проведены измерения γ -спектра с использованием детектора высокого разрешения с подавлением комптоновского фона. Установлено, что переход γ_{279} кэВ, обнаруженный в ряде работ, не наблюдался и его следует считать ошибочным. Оценка интенсивности γ_{279} кэВ в нашей работе $I_{\gamma} < 7 \cdot 10^{-7}$. Энергия перехода $\gamma_{283,4(1)}$ кэВ хорошо согласуется с данными предыдущих работ, а также с данными, приведенными в последней компиляции данных по ^{137}Cs . Уточнена интенсивность перехода $\gamma_{283,4}$ кэВ ($I_{\gamma} = 67(20) \cdot 10^{-7}$), где данные разных работ отличались друг от друга. Оценка интенсивности перехода γ_{378} кэВ ($I_{\gamma} < 6 \cdot 10^{-7}$), сделанная в работе, подтверждает малую интенсивность обнаруженного недавно очень слабого перехода $\gamma_{377,9}$ кэВ, который идет с уровня 661,7 кэВ на уровень 283,5 кэВ.

Ключевые слова: распад ^{137}Cs , γ -спектры, энергии и интенсивности γ -лучей, HPGe-детектор.

Введение

^{137}Cs принадлежит к категории хорошо известных радиоактивных источников. Возможность получать чистые по изотопному составу и высокоактивные по интенсивности источники ^{137}Cs , а также большой период полураспада $T_{1/2} = 30,17$ лет позволяет использовать их как в научных исследованиях, так и при проведении прикладных работ. ^{137}Cs обычно входит в число основных стандартных радиоактивных источников (ОСГИ) и используется для определения энергии и интенсивности неизвестных γ -переходов при изучении структуры атомных ядер. Высокоактивные источники ^{137}Cs используются в промышленных установках для различных целей: при определении дефектов в структуре различных материалов, для стерилизации медицинских инструментов, для увеличения сроков хранения пищевых продуктов.

^{137}Cs образуется в основном при делении ядер и выделяется при переработке радиоактивных отходов реакторов. Схема распада ^{137}Cs довольно проста. Считалось, что β -распад в основном (94,7%), идет на изомерный уровень 661,7 кэВ ^{137}Ba , $11/2^-$ с временем жизни 2,6 мин, который далее разряжается γ -переходом М4 (или конверсионным электроном) на уровень $3/2^-$ основного состояния ^{137}Ba , а оставшаяся часть β -распада (5,3%) идет прямо на уровень основного состояния ^{137}Ba . Однако проведенные исследования схемы уровней ^{137}Ba в реакциях с различными заряженными частицами, с тепловыми и быстрыми нейтронами показали, что ниже уровня 661,7 кэВ ^{137}Ba существует еще одно состояние и оно является первым возбужденным состоянием. Что касается энергии этого состояния, то в разных работах она отличалась существенно друг от

друга и это было трудно объяснить плохим разрешением используемых детекторов или ошибками в калибровке по энергии. Если рассматривать этот вопрос в хронологическом порядке, то в таблице изотопов издания 1968 г. [1] первому возбужденному уровню приписывалась энергия 281 кэВ, а в издании 1978 г. [2] – 279,2(3) кэВ. Такая же энергия приводилась в работе [3], авторы которой при изучении структуры уровней ^{137}Ba в реакциях $^{136}\text{Xe}(\alpha, 3n)$, $^{136}\text{Xe}(\alpha, 2n)$ наблюдали в γ -спектре переход 279,2 (6) кэВ, на основании которого приписали уровню энергию 279,2 кэВ со спином и четностью $1/2^+$ в согласии с данными других работ. В работе [4] спектр γ -лучей был измерен в реакции $^{137}\text{Ba}(n, n'\gamma)$ на быстрых нейтронах реактора и приведено значение энергии γ -перехода 283,42(6) кэВ для перехода с первого возбужденного уровня в основное состояние, однако уже в более поздней работе [5] при изучении особенностей реакции $^{136}\text{Ba}(n, 2\gamma)$ на тепловых нейтронах приводится значение энергии уровня 281 кэВ (погрешности не приводятся), а в работе [6] – 283,39(7) кэВ. Энергия первого возбужденного состояния ^{137}Ba была определена также в работе [7] при изучении γ -спектров неупругого рассеяния нейтронов с разной энергией, вызванных протонами при бомбардировке на ускорителе газовой мишени трития в реакции $^3\text{H}(p, n)^3\text{He}$. В работе было отмечено также, что попытка обнаружить дублет линий в этой области энергий не привела к положительному результату.

Первый возбужденный уровень запитывается прямым β -переходом из основного состояния ^{137}Cs , но может запитываться и γ -переходом мультипольности Е5 с уровня 661,7 кэВ ^{137}Ba (возможны и оба варианта). В этом случае энергия такой γ -линии должна быть 378,2 кэВ. Были

© В. Т. Купряшкин, 2016

предприняты попытки установить энергию низлежащих состояний ^{137}Ba и связывающих их переходов не только в реакциях с заряженными и незаряженными частицами, но и при распаде ^{137}Cs [8, 9]. Сложность таких исследований состоит в обнаружении γ -линий очень малой интенсивности на уровне довольно высокого комптоновского фона от γ -линии 661,7 кэВ. В работе [8] для этих целей в измерениях использовался источник с активностью 7,2 мкКи и детектор с эффективностью 25 % при подавлении комптоновского фона. Время измерения составляло $t = 1,152 \cdot 10^6$ с. Была обнаружена γ -линия с энергией 283,4 кэВ (погрешности не приводятся) и даны оценки интенсивности линий $\gamma_{279,2}$ кэВ и $\gamma_{378,2}$ кэВ, которые прямо в спектре не наблюдались. В работе [9] была предпринята попытка проверить эти результаты и попытаться найти либо улучшить оценки возможной интенсивности $\gamma_{279,2}$ и $\gamma_{378,2}$ кэВ. Авторы работы отметили, что заселенность уровня 283,5 кэВ может происходить не только прямым β -переходом в это состояние, но и каскадным γ -переходом 378,2 кэВ с уровня 661,7 кэВ. Учет его интенсивности влияет на точность определения $\log ft$ для состояния 283,5 кэВ, что играет важную роль при определении типа запрещенных β -переходов. Время измерения в работе [9] было примерно в три раза больше, чем в работе [8], однако при проведении измерений они использовали Ge(Li)-детектор с разрешением 2,7 кэВ на γ -линии 661,7 кэВ ^{137}Cs , что по современным представлениям не считается хорошим детектором по разрешающей способности, и, кроме того, измерения были проведены без подавления комптоновского фона.

Однако данных о схеме распада ^{137}Cs все еще мало, энергии и интенсивности γ -линий в разных работах отличаются по величине и требуют подтверждения. Мы решили провести исследования γ -спектра из распада ^{137}Cs с целью устранения этих противоречий. Наличие детектора с хорошим разрешением и эффективностью 40 %, а также возможность работать на установке с подавлением комптоновского фона позволяли нам надеяться выполнить эти измерения с лучшей точностью.

Проведение эксперимента

Для проведения измерений использовалась установка, разработанная в отделе структуры ядра ИЯИ НАН Украины [10]. В работе использовался HPGe-детектор из сверхчистого германия с разрешением 1,8 кэВ на γ -линии 1332 кэВ ^{60}Co (разрешение на γ -линии 661 кэВ составляло

1,6 кэВ, что значительно лучше, чем в работе [9]). HPGe-детектор был окружен пятью сцинтилляционными NaI(Tl)-детекторами, эффективность регистрации γ -квантов которых составляла более 90 %. Система обеспечена пассивной защитой, состоящей из нескольких слоев свинца, меди, кадмия, алюминия и плексигласа (перечисление снаружи внутрь). Толщина свинца 100 мм, меди 3 мм, кадмия 0.5 мм, алюминия 3 мм и плексигласа 4 мм. Когда γ -квант испытывает комптоновское рассеяние в германиевом детекторе и вылетает из него, то с вероятностью более 90 % он регистрируется окружающей активной защитой из сцинтилляционных детекторов, а комптоновский электрон регистрируется HPGe-детектором.

Спектрометр может работать в двух режимах: с подавлением комптоновского фона и в режиме $\gamma\gamma$ -совпадений. Переключение режимов осуществляется установкой количества совпадающих сигналов на медленной схеме совпадений с установкой разрешающего времени 75 нс для быстрых совпадений и разрешающего времени 750 нс для режима регистрации антикомптоновского спектра. Энергетическая область в спектре сцинтилляционного детектора NaI(Tl) выделяется дискриминатором. Подаваемый на аналогоцифровой преобразователь управляющий сигнал передается в анализатор АИМ в качестве старшего бита кода номера канала, что позволяет разделить спектры совпадений и антисовпадений, которые записываются на диск персонального компьютера. При этом коэффициент подавления комптоновского фона в спектре антисовпадений составляет около 10, а интенсивность γ -линии не изменяется, если она не совпадает с другими γ -переходами. Подбиралась такая геометрия опыта, при которой обеспечивалась оптимальная скорость счета и в то же время уровень комптоновского фона от рассеянных γ -лучей был бы как можно меньше.

В нашем эксперименте использовался ^{137}Cs из набора стандартных источников ОСГИ с активностью 67 кБк. Источник располагался на расстоянии 2,5 см от поверхности HPGe-детектора. Было проведено два измерения γ -спектра ^{137}Cs , время измерений составляло $t_1 = 3,108587 \cdot 10^6$ с ≈ 36 сут и $t_2 = 2,500253 \cdot 10^6$ с $\approx 28,9$ сут. Вывод информации на компьютер проводился каждый час. С целью проверки правильности работы установки эти часовые спектры анализировались отдельно, а затем суммировались. Сравнение данных по двум измерениям показало, что они хорошо согласуются между собой как по энергии наблюдаемых линий, так и по их интенсивности.

Калибровка γ -спектрометра по энергии проводилась по γ -линиям ^{152}Eu , который входит в

число стандартных источников ОСГИ и его энергии известны с высокой точностью. Для определения зависимости эффективности регистрации детектора от энергии γ -квантов использовался тот же источник ^{152}Eu . Измеренные точки соединялись плавной кривой, подгонка которой по точкам проводилась по методу наименьших квадратов. Значения эффективности детектора выводились на компьютер с интервалом в 1 кэВ, а затем определялось значение эффективности детектора для нужного значения энергии γ -линии. Проводился анализ γ -спектров на возможность присутствия в области интереса γ -линий от других радиоактивных изотопов как визуально, так и по атласам γ -лучей, но таких линий не было обнаружено.

Результаты и обсуждение

Схема распада ^{137}Cs по последней компиляции данных в Nuclear Data Sheets [11] представлена на рис. 1.

Измеренный участок γ -спектра ^{137}Cs в диапазоне от 200 до 700 кэВ приведен на рис. 2, где стрелками указано место размещения в спектре γ -линий 283кэВ (283 кэВ, $1/2^+ \rightarrow 0$ кэВ, $3/2^+$) и γ 378 (661 кэВ, $11/2^- \rightarrow 283$ кэВ, $1/2^+$). Как видим из рисунка, линии γ 283 и 378 кэВ находятся на спадающем участке сильного комптоновского фона от γ 661,7 кэВ и на рисунке не видны из-за их малой интенсивности.

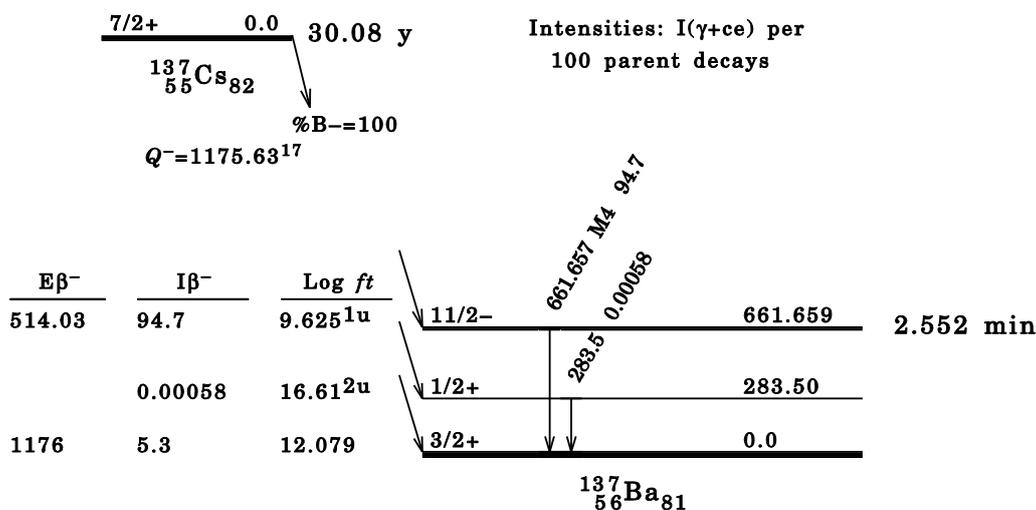


Рис. 1. Схема распада ^{137}Cs [11].

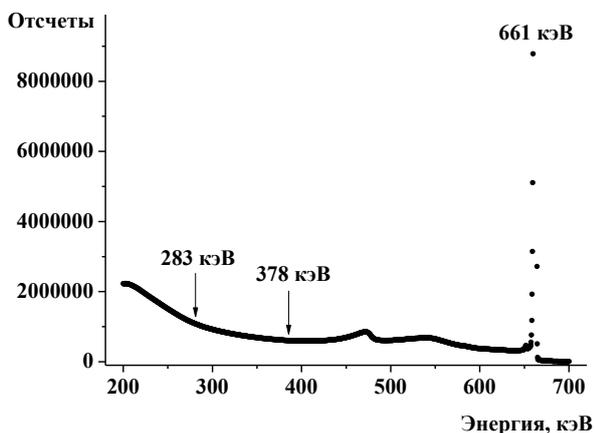


Рис. 2. Участок γ -спектра ^{137}Cs в диапазоне от 200 до 700 кэВ.

Обнаружение слабого перехода в спектрах γ -лучей кажется простой задачей. Подбираем хороший детектор, регистрируем γ -лучи и продолжаем измерения до тех пор, пока искомый переход не проявляется с достаточной статистической точностью. Однако в нашем случае комптоновский фон от γ 661,7 кэВ также нарастает со временем и мешает это сделать. Поэтому подби-

раются такие соотношения между различными параметрами (время измерения, геометрия опыта, активность источника, активная и пассивная защита), которые позволяют создать наилучшие условия для набора полезной информации, что и было сделано в настоящей работе.

Гамма-линия 279,2 кэВ. Как упоминалось выше, переход был обнаружен в ряде работ в реакциях с заряженными и незаряженными частицами. Наблюдался он и в работе [3] при облучении α -частицами обогащенной газовой мишени ^{136}Xe в реакции $^{136}\text{Xe}(\alpha, 3n)^{137}\text{Ba}$. Предполагалось, что он связан с уровнем 279,2 кэВ со спином $J^\pi = 1/2^+$. Авторы работы установили такой порядок первых трех уровней ^{137}Ba : основное состояние ($3/2^+$), 279,2 ($1/2^+$) и 661,6 ($11/2^-$) кэВ. Однако в нашей работе, как и в ряде других работ [6 - 8], γ -переход с такой энергией не наблюдался ($I_\gamma < 7 \times 10^{-7}$) и его следует считать ошибочным.

Гамма-линия 283,5 кэВ. По существующим представлениям [11] переход разряжает первый возбужденный уровень 283,5 кэВ $J^\pi = 1/2^+$ в основное состояние $3/2^+$ ^{137}Ba . Следует отметить,

что уникальный, второго порядка запрета β -переход, запитывающий этот уровень, является одним из наиболее слабых переходов такого типа. Было проведено два исследования уровней ^{137}Ba из распада ^{137}Cs [8, 9] и их данные об интенсивности $\gamma_{283,5}$ кэВ отличаются примерно в полтора раза, что было одной из причин проведения наших исследований. Сложность определения интенсивности $\gamma_{283,5}$ кэВ, как упоминалось выше, определяется ее малой интенсивностью и высоким комптоновским фоном. Нами проведено два измерения γ -спектра ^{137}Cs , в которых энергия $\gamma_{283,4(1)}$ кэВ и его интенсивность $I_\gamma = 67(20) \cdot 10^{-7}$ хорошо согласуются между собой. В качестве подтверждения правильности значения энергии $\gamma_{283,4}$ кэВ, которое приводится нами, служит тот факт, что расхождение в энергии для сильной γ -линии 661,7 кэВ в двух сериях составляет всего 40 эВ. Поскольку линия $\gamma_{283,5}$ кэВ сравнительно слабая и находится на сильном комптоновском фоне, она приведена на рис. 3 за вычетом фона в одной из серий измерения. Как видим, на рисунке линия хорошо видна, хотя ее интенсивность мала (находится на уровне 10^{-6} от общей интенсивности распада).

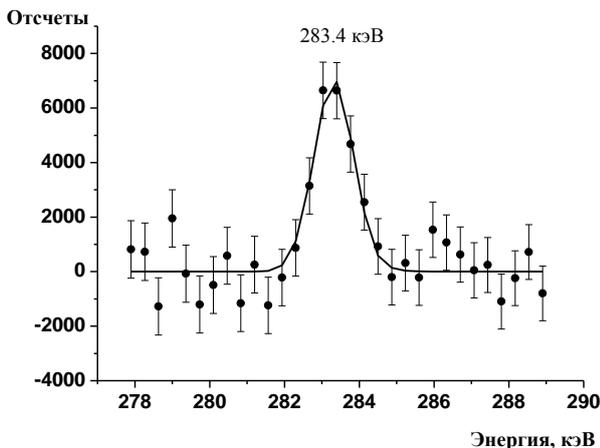


Рис. 3. Участок γ -спектра с $\gamma_{283,4}$ кэВ ^{137}Cs за вычетом фона.

Гамма-линия 378 кэВ. Переход с такой энергией может происходить между состояниями 661,7 кэВ, $11/2^-$ и 283,5 кэВ, $1/2^+$. В работе [8] переход γ_{378} кэВ не наблюдался, но отмечалось, что интенсивность этого перехода может быть примерно такой же, как и $\gamma_{283,5}$ кэВ, хотя проведенная ими же оценка интенсивности перехода показала, что она, по крайней мере, в полтора раза меньше. Переход не наблюдался и в работах [7, 9], хотя оценки его возможной интенсивности были сделаны. Оценка интенсивности перехода из обычного γ -спектра была сделана также в работе [9] и составляла $I_\gamma < 9 \cdot 10^{-7}$. Наша оценка интенсивности γ_{378} кэВ была сделана на основе анали-

за каждого из двух спектров измерений, а также из их суммарного спектра и составляет $I_\gamma < 6 \cdot 10^{-7}$, она в 1,5 раза лучше, но γ -линия 378 кэВ тем не менее в γ -спектре еще не была видна.

Однако недавно в Арагонской национальной лаборатории был проведен специальный эксперимент по поиску этого перехода на установке нового поколения “Gammasphere” в геометрии 4л с 93 германиевыми детекторами [12]. Такая установка предоставляет новые возможности для регистрации слабых γ -переходов и может быть использована также в других областях физического эксперимента. В результате проведенных исследований был обнаружен новый очень слабый γ -переход с энергией 377,9 (3) кэВ, для которого ранее делались только оценки возможной интенсивности. Переход идет с уровня 661,7 кэВ, $J^\pi = 11/2^-$ на уровень 283,5 кэВ, $J^\pi = 1/2^+$. Они определили его как почти чистый E5-переход и приписали ему интенсивность $I_\gamma = 1,12 (9) \cdot 10^{-7}$. Наши оценки интенсивности $\gamma_{378,2}$ кэВ $I_\gamma < 6 \cdot 10^{-7}$ не противостоят малой интенсивности перехода, хотя возможности нашей установки не позволили его наблюдать.

Результаты измерений приведены в таблице, где они сравниваются с результатами других работ. Как видим из таблицы, энергия γ -перехода 283,5 кэВ [11] по данным нашей работы 283,4(1) кэВ и других работ хорошо согласуются между собой. Интенсивность перехода в нашей работе лучше согласуется с работами [7, 8] и отличается от данных предыдущей работы по распаду ^{137}Cs [9], где она завышена.

Следует отметить, однако, что приведенное в работе [12] значение энергии γ -перехода 377,9(3) кэВ кажется несколько ниже, если исходить из принятых значений энергии уровней и значений энергии γ -линий 661,66 и 283,54 кэВ по данным последней компиляции данных [11], а также данным нашей работы и других работ. Действительно, энергия уровня 661,659(3) кэВ основана на энергии перехода $\gamma_{661,7}$ кэВ, который имеет большую интенсивность, измерен с высокой точностью и сомневаться в значении его энергии не приходится. Значение энергии уровня 283,5 кэВ основано на энергии перехода $\gamma_{283,50(4)}$ кэВ, в распаде ^{137}Cs он слабый, но в реакциях достаточно интенсивный, на основании которых и принято значение энергии этого уровня 283,50 кэВ. Если же исходить из принятых значений уровней (округляем до второго знака) 661,66 и 283,50(4) кэВ [11], то энергия этого перехода должна быть $661,66 - 283,50 = 378,16$ кэВ, что на 260 эВ больше, чем приведенная в работе [12]. Хотя приведенные погрешности энергии перехода 377,9(3) кэВ лежат в рамках допустимых значений и согласуются с данными других

работ, а также с данными последней компиляции данных ^{137}Cs [11], то не совсем понятно, почему авторы работ [12] выбрали и приводят в своей работе значение 377,9(3) кэВ. Наше значение

энергии перехода, по данным двух измерений, составляет 283,4(1) кэВ, что еще больше увеличивает разницу в приведенном значении энергии перехода 377,9 кэВ.

Энергии γ -переходов и их измеренные и оцененные интенсивности в распаде ^{137}Cs по данным нашей работы и работ [7 - 9, 12]

Авторы работ	γ_{283}		γ_{378}	
	E_{γ} , кэВ	$I_{\gamma} \cdot 10^{-7}$	E_{γ} , кэВ	$I_{\gamma} \cdot 10^{-7}$
Наша работа	283,4(1)	67(20)		< 6
Morgan K. et al. [12] *			377,9(3)	1,12(9)
Сергеев В. О. и др. [9]	283,4(2)	90(20)		< 9
Bikit I. et al. [8]	283,4	53(14)		< 34
Wagner E. [7]**	283,53(4)	68(10)		

* Значения энергии и интенсивности для $\gamma_{283,5}$ кэВ в работе не приводятся.

** Значения энергии и интенсивности приведены по результатам, полученным из измерений спектра γ -лучей в ^{137}Ba (n, n' γ)-реакции. Значение интенсивности $\gamma_{283,53}$ кэВ получено авторами также из распада ^{137}Cs $I_{\gamma} = 61(10) \cdot 10^{-7}$, но в статье они приводят значение интенсивности как в таблице. Для γ_{378} кэВ оценки интенсивности в работе не приводятся.

Выводы

1. Переход γ_{279} кэВ, обнаруженный в ряде ранних работ и в работе [3], в нашей работе ($I_{\gamma} < 7 \cdot 10^{-7}$), как и в работах [6 - 9], не наблюдался и его следует считать ошибочным.

2. Энергия перехода в нашей работе $\gamma_{283,4(1)}$ кэВ хорошо согласуется с данными предыдущих работ и данными, приведенными в последней компиляции данных [11].

3. Интенсивность перехода $\gamma_{283,4(1)}$ кэВ по нашим данным $I_{\gamma} = 67(20) \cdot 10^{-7}$ несколько ниже, чем полученная в предыдущей работе [9] по распаду ^{137}Cs и лучше согласуется с работами [7, 8].

4. Переход $\gamma_{377,9}$ кэВ, обнаруженный в рабо-

те [12] на более совершенной установке нового поколения, в нашей работе, как и в других работах, ранее не наблюдался. Однако наши оценки его интенсивности лучше, чем в других ранее выполненных работах, и косвенно подтверждают его очень малую интенсивность $I_{\gamma} = 1,12(9) \cdot 10^{-7}$ [12]. Однако энергия перехода, приведенная в [12], хотя и находится в рамках приведенных погрешностей, но отличается примерно на 260 эВ от данных нашей работы и других работ и требует проверки.

Автор выражает благодарность Н. В. Стрильчуку и П. Н. Трифонову за помощь в измерениях и обработке результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Lederer C.M., Hollander J.M., Perlman I. Table of Isotopes / 6-th ed. - New York: Wiley, 1968.
- Lederer C.M., Shirley V.S. Table of Isotopes / 7-th ed. - New York: Wiley, 1978. - P. 712.
- Kerek A., Kovnacki J. The level structure of the N = 81 and 82 nuclides $^{137,138}\text{Ba}$ as investigated in ^{136}Xe (α , xn) reactions // Nucl. Phys. - 1973. - Vol. A206. - P. 245 - 272.
- Бондаренко В.А., Кувага И.Л. и др. // Тез. докл. 34 Совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Алма - Ата, 17 - 20 апреля 1984 г. - Л.: Наука, 1984. - С. 108.
- Бондаренко В.А., Кувага И.Л. и др. // Тез. докл. 41 Совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Минск, 16 - 19 апреля 1991 г. - Л.: Наука, 1991. - С. 77.
- Bondarenko, V.A., Kuvaga, I.L. et al. Levels of ^{137}Ba studied with neutron-induced reactions // Nucl. Phys. A - 1995. - Vol. 582. - P. 1 - 22.
- Wagner B.K., Garret P.E. et al. On the first excited state of ^{137}Ba // Journal of Radioanalytical and Nucl. Chemistry. - 1997. - Vol. 219. - P. 217 - 220.
- Bikit I., Anicin I. et al. Population of 283 keV level of ^{137}Ba by β -decay of ^{137}Cs // Phys. Rev. C. - 1996. - Vol. 54. - P. 3270 - 3272.
- Сергеев В.О., Валиев Ф.Ф. Уникальные дважды запрещенные бета-переходы. Распад ^{137}Cs // Изв. РАН. - 2007. - Т. 71, № 6. - С. 854 - 858.
- Саврасов А.М. Збудження ізомерних станів ядер у реакціях з легкими частинками і гамма-квантами: дис. ... канд. фіз.-мат. наук. - К., 2011. - 110 с.
- Browne E., Tuli J.K. // Nucl. Data Sheets for A = 137. - 2007. - Vol. 108. - P. 2173 - 2318.
- Morgan K., McCutchan E.A., Lister C.J. et al. E5 decay from the $J^{\pi} = 11/2$ isomer in ^{137}Ba // Phys. Rev. C. - 2014. - Vol 90. - P. 041303(R).

В. Т. Купряшкін

Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

ЕНЕРГІЇ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ γ -ПЕРЕХОДІВ У РОЗПАДІ ^{137}Cs

З метою перевірки даних розпаду ^{137}Cs проведено вимірювання γ -спектра з використанням детектора високої роздільної здатності та придушенням комптонівського фону. Установлено, що перехід $\gamma 279$ кеВ, виявлений у ряді робіт, не спостерігається і його слід вважати помилковим. Оцінка інтенсивності $\gamma 279$ кеВ у нашій роботі $I_\gamma < 7 \cdot 10^{-7}$. Енергія переходу $\gamma 283,4(1)$ кеВ добре узгоджується з даними попередніх робіт, а також із даними, наведеними в останній компіляції даних по ^{137}Cs . Уточнено інтенсивність переходу $\gamma 283,4$ кеВ ($I_\gamma = 67(20) \times 10^{-7}$), де дані різних робіт відрізнялись між собою. Оцінка інтенсивності переходу $\gamma 378$ кеВ ($I_\gamma < 6 \cdot 10^{-7}$), зроблена в роботі, підтверджує малу інтенсивність виявленого недавно дуже слабкого переходу $\gamma 377,9$ кеВ, що йде з рівня 661,7 кеВ на рівень 283,5 кеВ.

Ключові слова: розпад ^{137}Cs , γ -спектри, енергії та інтенсивності γ -променів, HPGe-детектор.

V. T. Kupryashkin

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

ENERGY AND INTENSITY OF γ -TRANSITIONS IN THE DECAY OF ^{137}Cs

In order to verify the data from ^{137}Cs decay γ -spectrum was measured using the high-resolution detector with Compton background suppression. It was found that the transition $\gamma 279$ keV, detected in a number of works, has not been observed and should be regarded as wrong. Evaluation of the intensity of $\gamma 279$ keV in our work is $I_\gamma < 7 \cdot 10^{-7}$. Energy of the transition $\gamma 283.4(1)$ keV is in good agreement with previous works, as well as with data presented in the latest compilation of data on ^{137}Cs . Refined intensity of transition $\gamma 283.4(1)$ keV ($I_\gamma = 67(20) \cdot 10^{-7}$), where data from different projects were significantly different from each other. Our evaluation of intensity of $\gamma 378$ keV ($I_\gamma < 6 \cdot 10^{-7}$) confirms low intensity recently discovered weak transition $\gamma 377.9$ keV which comes from the 661.7 keV level to 283.5 keV level.

Keywords: ^{137}Cs decay, γ -spectra, γ -rays intensity and energy, HPGe-detector.

REFERENCES

1. Lederer C.M., Hollander J.M., Perlman I. Table of Isotopes / 6-th ed. - New York: Wiley, 1968.
2. Lederer C.M., Shirley V.S. Table of Isotopes / 7-th ed. - New York: Wiley, 1978. - P. 712.
3. Kerek A., Kovnacki J. The level structure of the N = 81 and 82 nuclides $^{137,138}\text{Ba}$ as investigated in ^{136}Xe (α , xn) reactions // Nucl. Phys. - 1973. - Vol. A206. - P. 245 - 272.
4. Bondarenko V.A., Kuvaga I.L. et al. // 34-th Meeting. Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure, Alma - Ata, 17 - 20 April, 1984. - Leningrad: Nauka, 1984. - P. 108. (Rus)
5. Bondarenko V.A., Kuvaga I.L. et al. // 41-st Meeting. Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure, Alma - Ata, 16 - 19 April, 1991. - Leningrad: Nauka, 1991. - P. 77. (Rus)
6. Bondarenko, V.A., Kuvaga, I.L. et al. Levels of ^{137}Ba studied with neutron-induced reactions // Nucl. Phys. A - 1995. - Vol. 582. - P. 1 - 22.
7. Wagner B.K., Garret P.E. et al. On the first excited state of ^{137}Ba // Journal of Radioanalytical and Nucl. Chemistry. - 1997. - Vol. 219. - P. 217 - 220.
8. Bikit I., Anicin I. et al. Population of 283 keV level of ^{137}Ba by β -decay of ^{137}Cs // Phys. Rev. C. - 1996. - Vol. 54. - P. 3270 - 3272.
9. Sergeev V.O., Valiev F.F. // Izv. RAN. - 2007. - Vol. 71, No. 6. - P. 854 - 858. (Rus)
10. Savrasov A.M. Excitation of isomeric states of nuclei in reactions with light particles and gamma quanta: Ph. D. Thesis. - Kyiv, 2011. - 110 p. (Ukr)
11. Browne E., Tuli J.K. // Nucl. Data Sheets for A = 137. - 2007. - Vol. 108. - P. 2173 - 2318.
12. Morgan K., McCutchan E.A., Lister C.J. et al. E5 decay from the $J^\pi = 11/2$ isomer in ^{137}Ba // Phys. Rev. C. - 2014. - Vol 90. - P. 041303(R).

Надійшла 18.11.2015

Received 18.11.2015