

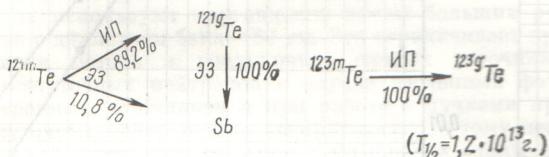
УДК 539.172.12

# Выход $^{121m}$ Te, $^{121g}$ Te, $^{123m}$ Te при облучении сурьмы протонами и дейtronами

ДМИТРИЕВ П. П., ПАНАРИН М. В., ДМИТРИЕВА З. П., МОЛИН Г. А.

Радиоизотопы  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te ( $T_{1/2} = 154$ , 17, 120 сут соответственно) находят применение в прикладных и научных исследованиях. Гамма-излучение, возникающее при распаде  $^{121m}$ Te (37,18 кэВ) и  $^{123m}$ Te (159,0 кэВ), используется в исследованиях с эффектом Мёссбауэра.

Изотопы  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te распадаются на дочерние ядра следующим образом:



(ИП — изомерный переход, ЭЗ — электронный захват).

Таким образом,  $^{121g}$ Te образуется в ядерной реакции и при распаде долгоживущего материнского  $^{121m}$ Te. Через 6—7 мес после облучения полученный в реакции  $^{121g}$ Te практически исчезнет, и изомерная пара  $^{121m,g}$ Te будет находиться в равновесии.

В настоящей работе измерена зависимость выхода  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te от энергии бомбардирующих частиц при облучении толстых мишней сурьмы протонами и дейтронами. Радионуклиды образуются по следующим реакциям:  $^{121}\text{Sb}(p, n)^{121m,g}\text{Te}$ ,  $^{123}\text{Sb}(pn)^{123m}\text{Te}$ ,  $^{121}\text{Sb}(d2n)^{121m,g}\text{Te}$ ,  $^{123}\text{Sb}(d2n)^{123m}\text{Te}$ . Облучались образцы металлической сурьмы, энергия частиц варьировалась медными тормозящими фольгами. Методика облучения, измерения активности радионуклидов и интегрального потока аналогична описанной ранее [1].

Активность  $^{121g}$ Te измерялась в течение первых 10 сут после конца облучения, и поэтому поправка на активность  $^{121g}$ Te, образовавшегося в результате распада  $^{121m}$ Te, была невелика (<10%).

В результате  $K$ -захвата и конверсии  $\gamma$ -переходов на  $K$ -оболочке при распаде  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te испускается интенсивное рентгеновское излучение.

**Энергия и квантовый выход  $\gamma$ -излучения**

**Таблица 1**

| Радиоизотоп  | Энергия излучения, кэВ | Выход, % | Литература |
|--------------|------------------------|----------|------------|
| $^{121m}$ Te | $\gamma$ 212,21        | 81,3     | [2]        |
|              | $K_\beta$ (Te)         | 31,13    | »          |
|              | $K_\alpha$ (Te)        | 27,38    | »          |
|              | $K_\beta$ (Sb)         | 29,81    | »          |
|              | $K_\alpha$ (Sb)        | 26,28    | »          |
| $^{121g}$ Te | $\gamma$ 573,08        | 79,0     | [2]        |
|              | $K_\beta$ (Sb)         | 29,81    | »          |
|              | $K_\alpha$ (Sb)        | 26,28    | »          |
| $^{123m}$ Te | $\gamma$ 159,0         | 83,5     | [3]        |
|              | $K_\beta$ (Te)         | 31,13    | »          |
|              | $K_\alpha$ (Te)        | 27,38    | 40,5       |

В табл. 1 приведены энергия и квантовые выходы  $\gamma$ -излучения, использованные для измерения активности  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te,  $K_\alpha$ - и  $K_\beta$ -компонентов рентгеновского излучения. Квантовые выходы рентгеновского излучения  $^{121m}$ Te и  $^{121g}$ Te вычислены аналогично расчетам в работе [4], при этом значения коэффициентов конверсии  $\gamma$ -квантов на  $K$ -оболочке взяты из работы [2].

Результаты измерений выхода  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te представлены в табл. 2 и на рис. 1, 2. Погрешность экспериментальных значений выхода равна 12—15% и определяется главным образом систематическими погрешностями при измерении активности радионуклидов и интегрального потока облучения.

По сечениям и выходам реакций с образованием  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te отсутствуют литературные данные.

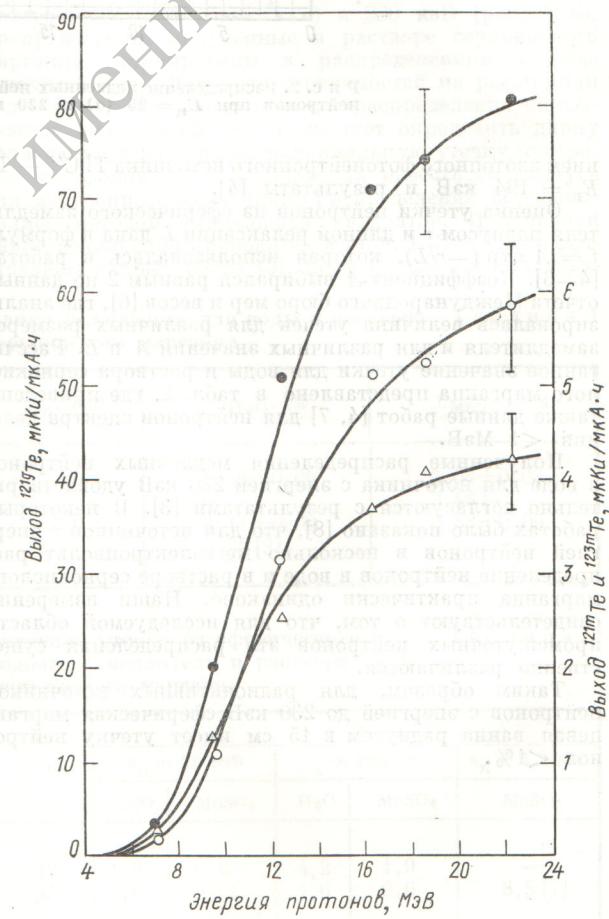


Рис. 1. Зависимость выхода  $^{121m}$ Te,  $^{121g}$ Te,  $^{123m}$ Te от энергии протонов для толстых мишней из сурьмы:  
● —  $^{121m}$ Te; ○ —  $^{121g}$ Te; △ —  $^{123m}$ Te

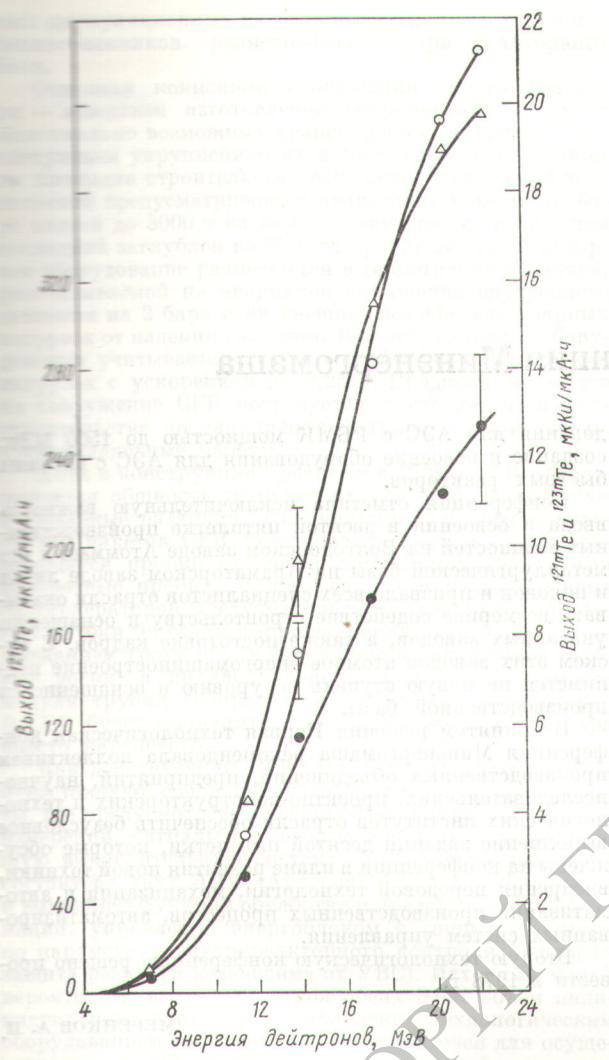


Рис. 2. Зависимость выхода  $^{121}\text{mTe}$ ,  $^{121}\text{gTe}$ ,  $^{123}\text{mTe}$  от энергии дейtronов для толстых мишеней из сурьмы:

● —  $^{121}\text{mTe}$ ; ○ —  $^{121}\text{gTe}$ ; △ —  $^{123}\text{mTe}$

В работе [6] измерено изомерное отношение  $\sigma_m/\sigma_g$  для реакции  $^{121}\text{Sb}(d, 2n)^{121}\text{m}, ^{121}\text{gTe}$ , которое изменяется от 0,56 до 0,793 при  $E_d = 9,2$ , 27,3 МэВ соответственно. Значения сечений  $\sigma_m$  и  $\sigma_g$  при этом не приводятся. Дифференцирование кривых выхода для  $^{121}\text{mTe}$  и  $^{121}\text{gTe}$  (рис. 2) позволило оценить значение сечений  $\sigma_m$  и  $\sigma_g$ , их отношение  $\sigma_m/\sigma_g$  в диапазоне энергии дейtronов

Выход  $^{121}\text{mTe}$ ,  $^{121}\text{gTe}$ ,  $^{123}\text{mTe}$

Таблица 2

| Способ получения и энергия частиц, МэВ | Выход, мКи/мКА·ч   |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|
|  | $^{121}\text{mTe}$ | $^{121}\text{gTe}$ | $^{123}\text{mTe}$ |
| Sb + p:                                |                    |                    |                    |
| 22,3 ± 0,43                            | 5,8 ± 0,7          | 80,5 ± 9,7         | 4,2 ± 0,5          |
| 18,6 ± 0,50                            | 5,2 ± 0,6          | 74,0 ± 9,0         | 4,1 ± 0,5          |
| 16,3 ± 0,53                            | 5,1 ± 0,6          | 70,7 ± 8,5         | 3,7 ± 0,45         |
| 12,4 ± 0,58                            | 3,2 ± 0,4          | 51,0 ± 6,2         | 2,5 ± 0,3          |
| 9,5 ± 0,64                             | 1,1 ± 0,14         | 20,0 ± 2,5         | 1,2 ± 0,15         |
| 7,1 ± 0,65                             | 0,15 ± 0,02        | 3,0 ± 0,4          | 0,2 ± 0,03         |
| Sb + d:                                |                    |                    |                    |
| 22,1 ± 0,41                            | 21,2 ± 2,6         | 253 ± 34           | 19,7 ± 2,4         |
| 20,3 ± 0,46                            | 19,6 ± 2,4         | 223 ± 27           | 19,0 ± 2,3         |
| 17,2 ± 0,52                            | 14,1 ± 1,7         | 175 ± 21           | 15,4 ± 1,9         |
| 13,8 ± 0,56                            | 7,5 ± 0,9          | 113 ± 14           | 9,6 ± 1,2          |
| 11,4 ± 0,61                            | 3,4 ± 0,41         | 51 ± 6,2           | 4,2 ± 0,51         |
| 7,1 ± 0,65                             | 0,4 ± 0,05         | 50 ± 0,7           | 0,5 ± 0,07         |

~10 ÷ 22 МэВ согласуется с данными работы [5] с погрешностью 20 ÷ 30%.

Из других способов получения  $^{121}\text{mTe}$ ,  $^{121}\text{gTe}$  и  $^{123}\text{mTe}$  без носителя можно отметить облучение олова  $\alpha$ -частицами в реакциях ( $\alpha, n$ ). При энергии  $\alpha$ -частиц 44,0 ± 0,6 МэВ измеренный выход  $^{121}\text{mTe}$ ,  $^{121}\text{gTe}$ ,  $^{123}\text{mTe}$  составляет  $4,1 \pm 0,5$ ;  $50 \pm 8$ ;  $1,0 \pm 0,2$  мКи/мКА·ч соответственно, т. е. значительно ниже, чем при облучении сурьмы протонами и дейtronами. Радиоизотопная чистота при этом резко ухудшается вследствие образования других долгоживущих изотопов теллура со значительным выходом  $^{118}\text{Te}$ ,  $^{119}\text{mTe}$ ,  $^{125}\text{mTe}$ ,  $^{127}\text{mTe}$  ( $T_{1/2} = 6$ ; 4,7; 58; 108 сут соответственно). Чтобы получить  $^{121}\text{mTe}$  и  $^{123}\text{mTe}$  высокой радиоизотопной чистоты, следует облучать обогащенные изотопы соответственно  $^{121}\text{Sb}$  и  $^{123}\text{Sb}$ .

Авторы благодарят Г. Н. Гриненко за помощь в работе.

Поступило в Редакцию 20/VIII 1976 г.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дмитриев П. П. и др. «Атомная энергия», 1971, т. 31, вып. 2, с. 157; 1972, т. 32, вып. 5, с. 426.
- Horen D. «Nucl. Data Sheets», 1971, v. B6, N 1.
- Martin M., Blechert-Toft P. «Nucl. Data Tables», 1970, v. A8, N 1—2.
- Дмитриев П. П. и др. «Атомная энергия», 1975, т. 38, вып. 2, с. 100.
- Macorog A. e.a. «J. Inorg. and Nucl. Chem.», 1966, v. 28, p. 5.

На рисунке 2 изображены кривые выхода изотопов теллура для толстых мишеней из сурьмы. Кривые получены методом дифференцирования. Изомерное отношение  $\sigma_m/\sigma_g$  для реакции  $^{121}\text{Sb}(d, 2n)^{121}\text{m}, ^{121}\text{gTe}$  изменяется от 0,56 до 0,793 при  $E_d = 9,2$ , 27,3 МэВ соответственно. Значения сечений  $\sigma_m$  и  $\sigma_g$  при этом не приводятся. Дифференцирование кривых выхода для  $^{121}\text{mTe}$  и  $^{121}\text{gTe}$  (рис. 2) позволило оценить значение сечений  $\sigma_m$  и  $\sigma_g$ , их отношение  $\sigma_m/\sigma_g$  в диапазоне энергии дейtronов