

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

848100928

6-80-517

М.Адилбиш, Н.Г.Зайцева, О.Кнотек, М.И.Фоминых,
В.А.Халкин

КУМУЛЯТИВНЫЕ СЕЧЕНИЯ .
ОБРАЗОВАНИЯ ИЗОТОПОВ $^{200,201,202} \text{Tl}$
В РЕАКЦИЯХ РАСЩЕПЛЕНИЯ СВИНЦА
И ВИСМУТА ПРОТОНАМИ С ЭНЕРГИЕЙ
660 МэВ

Направлено в "Radiochemical
and Radioanalytical Letters"

1980

Адилбиш М. и др.

6-80-517

Кумулятивные сечения образования изотопов $^{200,201,202}\text{Tl}$ в реакциях расщепления свинца и висмута протонами с энергией 660 МэВ

Определены кумулятивные сечения образования изотопов $^{200,201,202}\text{Tl}$ при облучении мишеней свинца и висмута протонами с энергией 660 МэВ. Предложена методика выделения таллия без носителя из мишеней свинца и висмута, основанная на сорбции комплексного аниона TlBr_4^- на катионите КУ-2 или Дауэкс-50. Определен радионуклидный состав препарата таллия, полученного этим методом.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

Adilbish M. et al.

6-80-517

Cumulative Cross Sections of $^{200,201,202}\text{Tl}$ Production in 660 MeV Proton -Induced Spallation of Lead and Bismuth

The cumulative cross sections of ^{200}Tl , ^{201}Tl and ^{202}Tl production from lead and bismuth targets irradiated with 660 MeV protons are defined and a procedure for radiochemical separation of thallium from these targets is suggested.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1980

Среди нейтронодефицитных нуклидов, применяющихся в медицине, к числу наиболее важных относится ^{201}Tl , с помощью которого успешно ведутся наблюдения за состоянием сердечной деятельности (ишемическая болезнь, инфаркт миокарда и др.) ^{/1-4/}.

^{201}Tl можно получать в реакциях типа (p, xn) и (d, xn) , облучая ртуть ^{/5/}, или генераторным методом через $^{201}\text{Pb} \xrightarrow[3.3]{9.4 \text{ ч}} ^{201}\text{Tl}$ ^{/6-8/} при энергии заряженных частиц от 15 до 60 МэВ. Последний метод предпочтительнее, так как позволяет получать практически моноизотопный препарат радиоталлия.

Радионуклид ^{201}Tl образуется также в реакциях глубокого расщепления ядер тяжелых металлов высокоэнергетическими частицами. Чтобы оценить перспективы получения спалогенного таллия с использованием интенсивных пучков протонов, необходимы сведения о кумулятивных сечениях образования и относительных выходах радионуклидов элемента из различных мишеней. Немногочисленные и неоднозначные литературные данные относятся к образованию изотопов таллия из висмута ^{/9/}. Кроме того, были определены относительные выходы нейтронодефицитных изотопов таллия из массивной мишени металлической ртути (от 68 до 524 г/см²) в реакциях с протонами 660 МэВ ^{/10/}.

В настоящей работе определены кумулятивные сечения образования изотопов таллия с массовыми числами 200, 201 и 202 из свинца и висмута, облученных протонами 660 МэВ, и предложена методика радиохимического выделения радиоталлия из этих мишеней.

Экспериментальная часть и результаты

Мишени Pb и Bi в виде металлических пластинок толщиной 0,5-1 г/см², завернутых в алюминиевую фольгу, облучались 5-8 ч выведенным пучком протонов с энергией

660 МэВ на синхротронном ЛЯП ОИЯИ. Поток протонов определялся по реакции $^{27}\text{Al}(p, 3\text{p})^{24}\text{Na}$ с сечением, равным $10,8 \text{ мбн} / ^{11}$. Через 1-2 дня после конца облучения измерялись гамма-спектры облученных образцов Рb и Вi Ge(Li)-детектором (38 см^3 , разрешение $2,6 \text{ кэВ}$ на линии $E_\gamma = 159 \text{ кэВ}$), подсоединенным к анализатору на 4096 каналов. Площади под хорошо известными фотопиками гамма-лучей изотопов $^{200-201}\text{Pb}$ (табл.1) в измеренных гамма-спектрах определялись с помощью программ ЭПОС-1¹² и КАТОК¹³.

Таблица 1

Энергии гамма-квантов радионуклидов таллия и их относительные интенсивности¹⁴, которые использовались при определении кумулятивных сечений

Изотоп	$T_{1/2}$	E_γ , кэВ	% на распад
^{200}Tl	26 ч	367	88,4
		1205	30,4
^{201}Tl	73 ч	135	2,5
		167	8,8
^{202}Tl	12 дн	439	95,0

Расчет кумулятивных сечений образования изотопов таллия проводился по формуле:

$$\sigma_{\text{Tl}} = \frac{S_{E_\gamma(\text{Tl})} e^{-\lambda_{\text{Tl}} \Delta t_1(\text{Tl})} \delta_{E_\gamma(\text{Na})} f_{E_\gamma(\text{Na})} \alpha_{\text{Na}} \Delta t_2(\text{Na})}{\delta_{E_\gamma(\text{Tl})} f_{E_\gamma(\text{Tl})} \alpha_{\text{Tl}} \Delta t_2(\text{Tl}) S_{E_\gamma(\text{Na})} e^{-\lambda_{\text{Na}} \Delta t_1(\text{Na})}} \times$$

$$\frac{(1 - e^{-\lambda_{\text{Na}} t_{\text{обл.}}}) P_{\text{Al}} A_{\text{милл}} \sigma_{\text{Na}}}{(1 - e^{-\lambda_{\text{Tl}} t_{\text{обл.}}}) P_{\text{милл}} A_{\text{Al}}}$$

где $S_{E\gamma}$ - площадь под фотопиком гамма-лучей с энергией $E\gamma$; $\delta_{E\gamma}$ - относительная эффективность регистрации гамма-квантов с энергией $E\gamma$. Для определения $\delta_{E\gamma}$ в зависимости от $E\gamma$ использовался источник ^{152}Eu , гамма-излучение которого хорошо изучено ¹⁵; $f_{E\gamma}$ - процент гамма-квантов данной энергии на один распад исследуемого изотопа; λ_{Tl} , λ_{Na} - постоянные распада изотопов Tl и ^{24}Na ; Δt_2 - истинное время измерения гамма-спектра исследуемого изотопа (в наших измерениях оно менялось от 10 до 20 мин); Δt_1 - время от конца облучения до середины интервала измерения; $t_{\text{обл.}}$ - продолжительность облучения; P - масса облучаемого элемента в граммах; A - атомный вес облучаемого элемента в граммах; α - химический выход изотопа (100% в данном случае); σ_{Na} - сечение образования ^{24}Na (мбн). Полученные результаты представлены в табл.2.

Таблица 2

Кумулятивные сечения образования изотопов таллия (мбн) при облучении мишеней Pb и Bi протонами с энергией 660 МэВ

Мишень	Число определений	^{200}Tl	^{201}Tl	^{202}Tl
Pb	12	103 ± 5	48 ± 9	$16,8 \pm 2,8$
Bi	11	120 ± 19	62 ± 9	$6,2 \pm 1,7$

Ошибки в определении σ - среднеквадратичные отклонения от среднеарифметической величины. Кроме случайных ошибок значения σ имеют, вероятно, и систематическую ошибку, обусловленную рядом факторов, в том числе не-точностью хода кривой относительной эффективности регистрации гамма-лучей.

Полученные величины сечений образования изотопов таллия показывают, что активность ^{200}Tl в мишени после облучения будет намного выше активности других изотопов. Для свинцовой мишени толщиной 20 г/см² выходы

изотопов таллия будут: ^{200}Tl - 27 мКи/мкА·ч, ^{201}Tl - 5 мКи/мкА·ч и ^{202}Tl - 0,4 мКи/мкА·ч. Чтобы снизить содержание ^{200}Tl в изотопной смеси примерно до 1%, необходима выдержка препарата в течение двух недель. После этого препарат, вероятно, можно будет использовать для медицинской диагностики, если регистрировать рентгеновское излучение дочерней ртути (68-82,5 кэВ). Присутствие в радиоталлии изотопа ^{202}Tl несколько повышает радиотоксичность препарата, но, с другой стороны, делает его более удобным с точки зрения продолжительности хранения и транспортировки на длинные расстояния.

Для выделения радиохимически чистого препарата радиоталлия было использовано известное свойство комплексного иона TlBr_4^- обратимо сорбироваться на сульфокатионитах типа Дауэкс-50 или КУ-2 из бромидных растворов [16,17]. Методика отделения ультрамикрочистых таллия от свинца, его очистки и концентрирования была следующая. Свинец растворялся в 4М HNO_3 , таллий окислялся бромом до Tl^{3+} и к горячему раствору добавлялся раствор KBr с таким расчетом, чтобы после выпадения осадка PbBr_2 раствор был ~3М по KBr .

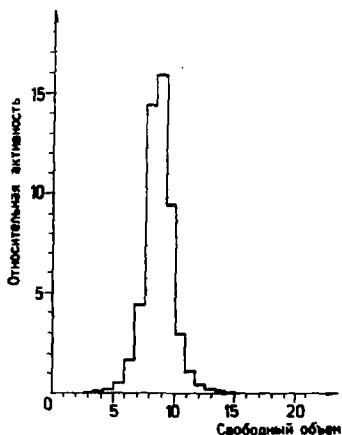


Рис.1. Хроматограмма элюирования таллия раствором 1М HCl из колонки, заполненной катионитом Дауэкс-50.

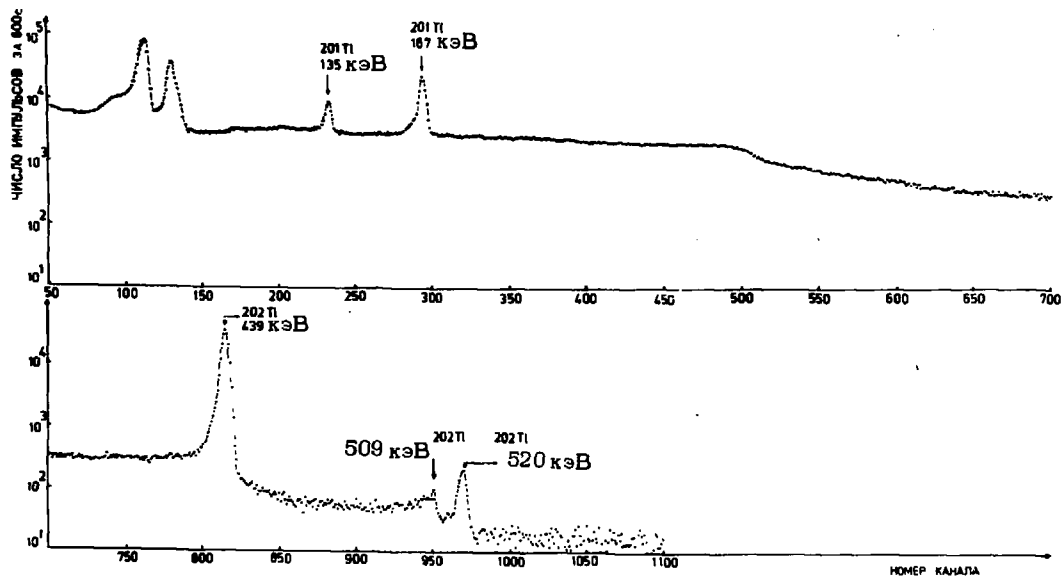


Рис.2. Гамма-спектр радиотеллурия, выделенного из свинца через 25 дней после конца облучения.

Отделенный фильтрацией от осадка раствор пропускался через слой катионита в колонке. Анионный комплекс трехвалентного галлия сорбируется смолой практически полностью: коэффициент распределения для него в этих условиях равен $10^{3/17}$. Свинец и основная часть спалогенных продуктов остаются в фильтрате. Колонка отмывалась от следов загрязнений 3М КВг и галлий элюировался 1М НСл в объеме, эквивалентном 2-3 свободным объемам колонки (рис.1). Химический выход галлия был около 80%, основные потери связаны с сорбцией галлия на осадке $PbBr_2$.

Анализ гамма-спектра выделенного таким методом препарата радиогаллия показал, что в нем не содержатся примеси радионуклидов других элементов (рис.2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Lebowitz E., et al. J.Nucl.Med., 1975, 16, p.151.
2. Bradley-Moore P.R., et al. J.Nucl.Med., 1975, 16, p.156.
3. Parkey R.W. J.Nucl.Med., 1977, 18, p.584.
4. Pohost G.M. Nucl.Med., 1978, Band XVII, Heft 4, p.149.
5. Comar D., Crouzel C. Radiochem. Radioanal. Lett., 1975, 23, p.131.
6. Finn R., et al. J. Labelled Comp. Radiopharm., 1977, 13, p.188.
7. Lagunas-Solar M.C., et al. Int. J. Appl. Radiat. Isotopes, 1978, 29, p.159.
8. Bonardi M. Radiochem. Radioanal. Lett., 1980, 42, p.35.
9. Bruninx E. High Energy Nuclear Reaction Cross Section II, CERN 62-9, 1962.
10. Новгородов А.Ф., Колачковски А., Нгуен Конг Чанг. ОИЯИ, 6-80308, Дубна, 1980.
11. Bruninx E. High Energy Nuclear Reaction Cross Section I, CERN 61-1, 1961.
12. Адилбиш М., и др. ОИЯИ, 6-10892, Дубна, 1977.
13. Гаджоков В. ПТЭ, 1970, № 5, с.82.

14. Erdtmann E., Soyka W. Die γ -Linien der Radionuklide, vol.1, Jul.-1003-AC, KFA, 1974.
15. Вылов Ц., Александров В.С. и др. ОИЯИ, Р6-10414, Дубна, 1977.
16. Nelson F., Michelson D.C. J.Chromat., 1966, 25, p.414.
17. Pfrepper G., Li Tshun Chi. J.Chromat., 1969, 44, p.594.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 августа 1980 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники



Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 28529. Тираж 305. Уч.-изд. листов 0,61.
Редактор Б.Б.Колесова.
Набор Н.И.Коротковой, Е.М.Граменицкой.
Макет В.А.Халякиной. Подписано к печати 03.09.80.