

# ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗБУДЖЕННЯ КОРОТКОПЕРІОДНИХ ІЗОМЕРНИХ СТАНІВ ЯДЕР В ФОТОЯДЕРНИХ РЕАКЦІЯХ

Й.З. Беседа, В.С. Бохінюк, А.І. Гутій, А.П. Осипенко, Н.В.  
Пашенко, М.Т. Саболчі, І.В. Хіміч, Л.О.Шабалина

Ужгородський державний університет, кафедра ядерної фізики, вул.Капітульна,9

На гальмівному пучку бетатрона одержані криві виходу збудження ізомерних станів ядер  $^{78m}\text{Br}$ ,  $^{88m}\text{Y}$ ,  $^{202m}\text{Tl}$ ,  $^{115m}\text{Sn}$ ,  $^{206m}\text{Pb}$  і  $^{208m}\text{Bi}$  в інтервалі енергій  $5\div 25\text{MeV}$  з кроком  $0.5\text{MeV}$ . По одержаним кривим виходу розраховані диференціальні ефективні перерізи збудження відповідних ізомерів в  $(\gamma, n)$ -реакції.

В існуючій літературі практично відсутні експериментальні дані енергетичної залежності ефективних перерізів фотозбудження ізомерів в мілісекундному інтервалі ( $10^{-5}\text{c} \leq T_{1/2} \leq 10^{-2}\text{c}$ ), вимірних в абсолютних одиницях. Труднощами експериментального характеру пояснюється той факт, що порівняно тривалий час короткоперіодні ізомери в мілісекундному інтервалі, збуджені в фотоядерних реакціях не були відомі [1-4].

Тому є актуальним і важливим проведення експериментальних вимірів в абсолютних одиницях виходу і ефективних перерізів збудження ізомерних станів у мілісекундному інтервалі обумовлених  $(\gamma, n)$ -реакцією.

В данній роботі приводяться результати досліджень [5-9] функцій збудження ізомерів  $^{78m}\text{Br}$  ( $T_{1/2} = 120$  мкс),  $^{88m}\text{Y}$  ( $T_{1/2} = 300$  мкс),  $^{202m}\text{Tl}$  ( $T_{1/2} = 570$  мкс),  $^{115m}\text{Sn}$  ( $T_{1/2} = 156$  мкс),  $^{206m}\text{Pb}$  ( $T_{1/2} = 124$  мкс) і  $^{208m}\text{Bi}$  ( $T_{1/2} = 2,53$ мс).

## І. Методика вимірювань

Приведені нижче результати одержані [5-9] за допомогою гальмівного  $\gamma$ -випромінювання бетатрона Б-25 кафедри ядерної фізики УжДУ. Інтенсивність гальмівного  $\gamma$ -пучка складає  $25\text{P}/\text{хв.}$  на віддалі  $1\text{м.}$  від гальмівної мішені при максимальній енергії  $25\text{MeV}$ , тривалості імпульса -  $7\text{мкс.}$ , частоті слідування  $50\text{Гц.}$

Інтенсивність гальмівного  $\gamma$ -випромінювання вимірювалась прохідною тонкостінною іонізаційною камерою, прокаліброваною по абсолютній алюмінієвій камері типу Флауерса [10]. Досліджуваний взірець опромінювався колімованим пучком  $\gamma$ -квантів. Утворені в досліджуваній мішені за рахунок збудження ізомера розпадні  $\gamma$ -кванти реєструвались сцинтиляційним детектором з кристалом  $\text{NaI}(\text{Tl})$ . З детектора імпульси поступали на вхід багатоканального аналізатора УНО-4096. Реєстрація наведеної активності проводилась в проміжках між імпульсами бетатрона. Фотоелектронний помножувач на час скидування електронів на гальмівну мішень запирався шляхом подачі відємного імпульса на модулятор.

Більш детально експеримент описано в наших роботах [5-8], де приведена блок-схема експериментальної установки, а також детально описана методика реєстрації розпадних  $\gamma$ -квантів безпосередньо в зоні опромінювання зразка.

## ІІ. Результати вимірів

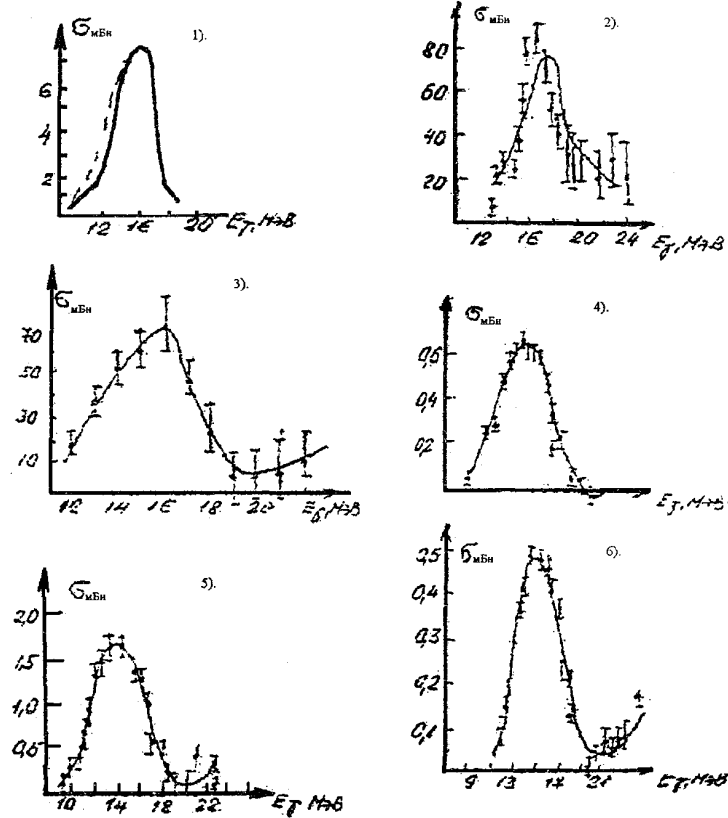
При дослідженні ефективних перерізів фотоядерних реакцій, які приводять до збудження короткоживучих ізомерних станів ядер з допомогою гальмівного пучка, кінцевим результатом вимірів є вихід реакції  $Y(E_{\gamma\text{max}})$ , тобто кількість актив досліджуваної реакції, приведеної до

одиниці дози  $\gamma$ -випромінювання для різних значень максимальної енергії гальмівного спектра  $E_{\gamma\max}$ .

В нашому випадку вихід реакції  $Y(E_{\gamma\max})$  можна записати в наступному вигляді:

$$Y(E_{\gamma\max}) = \lambda \cdot S / [N \cdot \varepsilon \cdot \eta \cdot \alpha \cdot D(E_{\gamma\max}) \cdot n \cdot x \cdot ((1 - e^{-\lambda \Delta t})_1 \cdot e^{-\lambda \Delta t})_2 \cdot (1 - e^{-\lambda \Delta t})_3] \quad (1)$$

Фізичний зміст величин, фігуруючих в правій частині (1) приведені в роботі [8].



Ефективний переріз реакції:

- 1).  $^{79}\text{Br}(g,n) \rightarrow ^{78m}\text{Br}$
- 2).  $^{89}\text{Y}(g,n) \rightarrow ^{88m}\text{Y}$
- 3).  $^{203}\text{Tl}(g,n) \rightarrow ^{202m}\text{Tl}$
- 4).  $^{116}\text{Sn}(g,n) \rightarrow ^{115m}\text{Sn}$
- 5).  $^{207}\text{Pb}(g,n) \rightarrow ^{206m}\text{Pb}$
- 6).  $^{209}\text{Bi}(g,n) \rightarrow ^{208m}\text{Bi}$

Чисельні значення кривих виходу розраховувались по формулі (1) із амплітудних спектрів розпадних  $\gamma$ -квантів, виміряних в інтервалі енергій від порогу до 24 MeV з кроком 0.5 MeV. Криві виходу в інтервалі енергій 16-24 MeV вимірювались з статистичною похибкою 1%, а нижче - 1.5%.

По виміряним кривим виходу методом Пенфольда-Лейса [11] розраховані ефективні перерізи фотозбудження ізомерних станів. Енергетична залежність ефективних перерізів збудження досліджуваних

ізомерних станів ізомерів  $^{78m}\text{Br}$ ,  $^{88m}\text{Y}$ ,  $^{202m}\text{Tl}$ ,  $^{115m}\text{Sn}$ ,  $^{206m}\text{Pb}$  і  $^{208m}\text{Bi}$  зображена на рисунках 1-6. В літературі є тільки одна робота [2], в якій оцінено максимальне значення перерізів реакції  $^{203}\text{Tl}(\gamma,n) \rightarrow ^{202m}\text{Tl}$ , рівне 13 мбн. Ця величина значно менше максимального перерізу реакції, одержаного в даній роботі. Відмітимо два моменти, що свідчать в нашу користь. По-перше, самі автори роботи [2] відмічають оціночний характер своїх результатів. По-друге, ізомерні відношення, оцінені по нашим даним, краще узгоджуються з експериментальними даними по ізо-

мерним відношенням для ядер із цієї області масових чисел. На рисунку 2 точками приведені наші дані, а суцільною кривою представлені результати роботи [12]. Як видно, в межах статистичних похибок узгодження з результатами інших авторів [12] добре.

#### Заключення.

Таким чином, літературні дані [1-9] по короткоживучим ізомерам показують, що загальні емпіричні закономірності (наприклад, відоме групування ізотопів з непарним масовим числом в особливий "острова" ізомерії, можливість групування ізотопів ядер по мультипольності випромінювання та інші), встановлені для

довгоживучих ізотопів (див. наприклад, огляд [14], не розповсюджуються на короткоживучі ізомери). Для ізотопів з періодами напіврозпаду в мілі- та мікросекундній межах можуть проявитися свої характерні особливості.

Крім того, вивчення енергетичної залежності ефективних перерізів збудження короткоперіодних ізотопів станів дає цінні відомості для з'ясування механізму збудження цих станів. Одержані в цій роботі дані поповнять банк даних з фізики ізотопів станів і можуть знайти використання в якості ядерних констант при розробці нової техніки.

1. A.Stanley, S.Vegors and P.Axel. *Phys.Rev.***101**, 3,1067 (1956).
2. R.Duffield, S.Vegors. *Phys.Rev.***112**, 6,1958 (1956).
3. J.Uytendohve et al. *Nucl.Phys. A***241**, 135 (1975).
4. H.Bartsch et al. *Z.Phys. A***265**, 273 (1975).
5. А.И.Гутый и др. Депоновано в Укр.НИИ НТИ, 1262-Ук90, 17 (1990).
6. Я.Э.Костю и др. *УФЖ*, **35**, 8. 1153 (1990).
7. Й.З.Беседа и др. *УФЖ*, **35**, 9. 1301 (1991).
8. Й.З.Беседа и др. *Я.Ф.*, **54**, 3(9), 609 (1991).
9. Й.З.Беседа и др. *УФЖ*, **38**, 6, 36 (1993).
10. О.В.Богданкевич, Ф.А.Николаев. Работа с пучком тормозного излучения. М., Атомиздат (1964).
11. A.S.Penfold, G.E.Leiss. *Phys.Rev.* **114**, 1332 (1959).
12. A.Depretre et al. *Nucl.Phys. A***175**, 609 (1971).
13. А.П.Ключарев и др. *Атомная Энергия*. **44**, 36 (1978).
14. В.Н.Гольданский, Л.К.Пеккер. *УФН*. **73**, 4, 631 (1961).

## STUDIES OF CROSS-SECTIONS OF SHORT-HALF-LIFE ISOMER STATES EXCITATION IN PHOTONUCLEAR REACTIONS

**J.Z.Beseda, V.S.Bohinyuk, A.I.Guthy, A.P.Osipenco, N.V.Pasthenco, M.T.Sabolchi, I.V.Khimich, L.O.Sabalina**

Uzhgorod State University, Uzhgorod, Zamkova st.9

In betatrons bremsstrahlung beam yield curves of excitation of isomeric states were obtained for nuclei  $^{78m}\text{Br}$ ,  $^{88m}\text{Y}$ ,  $^{202m}\text{Tl}$ ,  $^{115m}\text{Sn}$ ,  $^{206m}\text{Pb}$  and  $^{208m}\text{Bi}$  in the energy range 5-25MeV with step 0.5MeV. On the basis of yield curves differential cross-sections of excitation of corresponding isomers were calculated in the  $(\gamma, n)$  - reactions.