

ПРОСТОРОВІ РОЗПОДІЛИ ПОТОКІВ НЕЙТРОНІВ ІЗ КОНВЕРТОРІВ “ГАММА-КВАНТ-ФОТОНЕЙТРОН”

М.В. Стець, Д.І. Сікора, М.В. Гошовський, Г.Ф. Пітченко

Інститут електронної фізики Національної академії наук України
88016, м. Ужгород, вул. Університетська, 21

Приведено експериментальні дані для оцінки фактору форми, розмірів, маси на значення активаційних інтегралів $(n\gamma)$ - та $(n\beta)$ - компонент потоку нейтронів для конверторів “гамма-квант-фотонейтрон” модульного типу (матеріали конверторів: D_2O , Be). Енергія прискорених електронів $E_e = 15,6$ МеВ. Для визначення активаційних інтегралів $(n\gamma)$ - та $(n\beta)$ - компонент потоку нейтронів здійснено опромінення та гамма-спектрометрію активаційних детекторів (АД) Al та Mn . Для оцінки фактору позиції АД активаційні інтеграли визначались в трьох контрольних точках, одній контрольній площині та контрольній лінії.

Проблематика. Як зазначалось в [1-3], на величину, спектральний склад та просторовий розподіл потоків вторинного випромінювання електронних прискорювачів (в першу чергу гальмівних гамма-квантів та нейтронів) одночасно діють багато факторів, зокрема: величина струму прискорених електронів, максимальна енергія гальмівного випромінювання (котра визначається енергією E_e прискорених електронів), тип матеріалу (атомний номер Z), форма, розміри, та маса конструктивних матеріалів, тощо.

Вплив цих факторів, які загалом пов’язані між собою, досліджувався різними авторами, однак стосовно мікротрона (а також інших електронних прискорювачів) систематизованих досліджень і даних практично нема (див. [3]). Тому зараз, при виконанні радіаційно-фізичних та радіаційно – хімічних досліджень, кожен раз виконуються самостійні дослідження вузлів опромінення. На це витрачається багато часу та коштів.

В задачах нейтронноактиваційного аналізу (НАА) основними вузлами опромінення є конвертори “гамма-квант-фотонейтрон”, в яких відбувається перетворення (конвертування гамма-кванта гальмівного випромінювання в фотонейтрон в наслідок ядерної (γn) -реакції).

Слід відмітити, що від інформації про спектральний склад випромінювання суттєво залежить правильність аналітичної інформації, яка отримується в НАА.

Завважимо, що і в задачах гамма-активаційного аналізу (ГАА) слід враховувати вклад нейтронів – нейтронів, які з’являються в конструктивах мікротрона, та у інших конструкціях вузлів опромінення.

В [4-8] нами, на основі експериментальних даних, отриманих на мікротроні М-30, розглянуто та, в певній мірі, систематизовано оцінку впливу таких факторів, як енергія (енергетичні залежності) та атомний номер Z речовини конвертора (зарядові залежності).

Зараз ми розглядаємо вплив таких пов’язаних між собою факторів, як форма, розміри, маса, атомний номер Z конвертора (завважимо, що вплив цих факторів також досліджувався раніше (див., напр., [4-8]) і приводимо дані для порівняльної оцінки активаційних інтегралів $(n\gamma)$ - та $(n\beta)$ - компонент потоку нейтронів) із конверторів “гамма-квант-фотонейтрон” модульного типу різної маси, і відповідно, розмірів, та форми.

Матеріали конверторів: D_2O , Be , Pb , $U238$ (закис-окис $U238$).

Експеримент. Експеримент здійснено для енергії прискорених електронів $E_e = 15,6$ МеВ на мікротроні

М-30 ІЕФ НАН України. Активаційні інтеграли визначались гамма-спектрометрично. Визначались наступні активаційні інтеграли, нормовані на 1 мкА струму прискорених електронів:

П1д – активаційний інтеграл для реакції Al 27 (γ) Al 28);

П2д - активаційний інтеграл для реакції Mn 55 (γ) Mn 56;

П3д - активаційний інтеграл для реакції Al 27 (np) Al 28;

П4д - активаційний інтеграл для реакції Si28 (np)Al 28.

Нейтронний фон мікротрона не враховувався.

Розмірність всіх активаційних інтегралів П – (нейтрон·барн)/(см²·с).

Більш детально експеримент та схему розрахунків подано в [4, 5].

В цій роботі приводимо дані для D₂O (D)- і Be- конверторів.

Геометрія. Для оцінки фактору впливу позиції АД на значення активаційних інтегралів, інтеграли визначались в трьох контрольних точках, одній контрольній площині та одній контрольній лінії.

Контрольні точки (КТ) Н1, Н2, Н3 знаходились на верхній поверхні конверторів, по осі пучка, відповідно в кінці (Н1), середині (Н2), та початку (Н3) конвертора. Таким чином, геометрична позиція КТ Н3 залежала тільки від висоти; позиція КТ Н2 і КТ Н1 залежала і від висоти, і від довжини конвертора.

Контрольна площина (КП В) фіксованого розміру 21см·21см знаходилась на висоті 12,5 см від осі пучка гальмівних гамма-квантів, над конвертором. В КП знаходились 9 АД Al.

В цій КП В знаходились також 3 АД Mn, також розташовані симетрично по відношенню до осі пучка та на відстані 1 см від гальмівної (1,5 мм пластина Та). Тому тут можна розглядати і контрольну лінію (КЛ В).

Таким чином, позиція КП і КЛ була фіксованою по відношенню до гальмівної КТ і КЛ знаходились на фіксованій відстані від мішені мікротрона. Однак зміна розмірів конвертора приводила до зміни відносних відстаней між конвертором та КП і КЛ, і, зрозуміло, до

зміни тілесних кутів.

Вибір такої геометрії визначався, не в останню чергу, реальними геометріями в активаційних та радіаційних задачах.

Речовина конверторів знаходилась в сталевих модулях; розмір кожного 3 · 3 · 3 см³. Така модульна конструкція дозволяє стандартизувати як упаковку конверторів, їх форму, розміри, змінювати конфігурацію конверторів. Крім цього, є можливість досліджувати комбіновані мішені – конвертори, складені із конверторів з різними значеннями Z.

Конфігурація конвертора (форма, маса і т.д.) вимірюється в одиницях l·d·h, де l – кількість модулів в довжину, d – кількість модулів в ширину, h – кількість модулів в висоту. Ці одиниці можуть бути перемасштабовані в одиниці довжини (см), одиниці “густина · см”, кількість молів Нм, тощо.

Загалом було розглянуто декілька десятків конфігурацій конверторів, за рахунок зміни довжини l конвертора (h·d - фіксовані), або зміни h·d (довжина l – фіксована), або одночасної зміни всіх розмірів конвертора.

Аналіз отриманих даних.

Висновки. На рис. 1 - рис. 24 приведено в графічному виді просторові залежності значень активаційних інтегралів П1, П2, П3, від значень кількості молів Нм в конверторі, для КТ Н1, Н2, Н3, КП В, та КЛ В для D₂O (D)- і Be(Be)- конверторів.

Темними кружками позначено залежності для форми h·d=1·1; світлими кружками - для форми h·d=2·2; темними квадратами - для форми h·d =3·3; світлими квадратами - для форми h·d=4·4. Ясно, що зміна l, h·d призводить до зміни Нм.

Видно, що в залежності від конфігурації, просторові залежності активаційних інтегралів відрізняються. Для кожної із залежностей, а також їх сукупностей, приведених на рис. 1 - рис. 24, можна в принципі відмітити характерну тенденцію - тренд.

Систематизація такого типу, на наш погляд, дає нову інформацію, і має практичне значення, зокрема в задачах НАА на мікротроні.

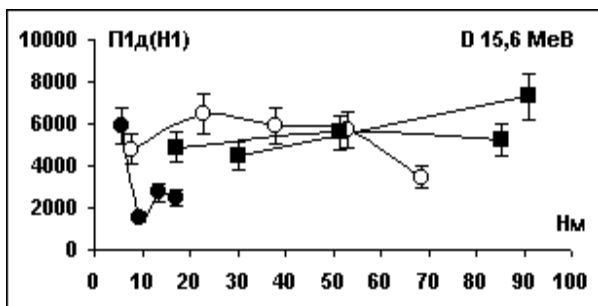


Рис. 1. Залежність активаційного інтеграла П1д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-АІ. КТ - Н1.

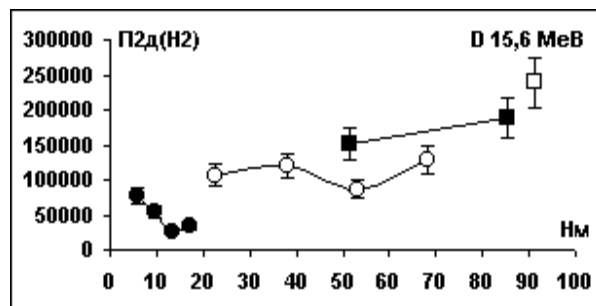


Рис. 5. Залежність активаційного інтеграла П2д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-Мн. КТ - Н2.

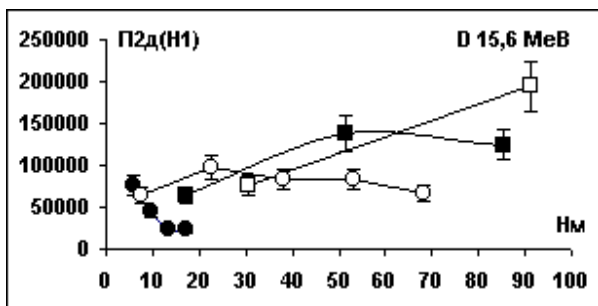


Рис. 2. Залежність активаційного інтеграла П2д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-Мн. КТ - Н1.

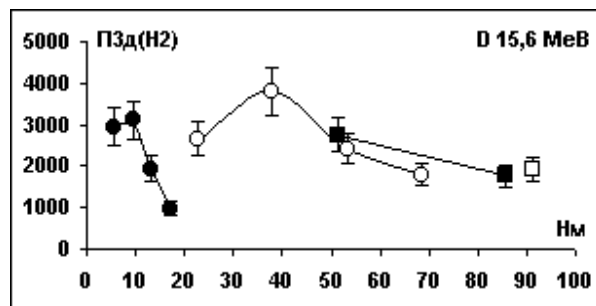


Рис. 6. Залежність активаційного інтеграла П3д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-АІ. КТ - Н2.

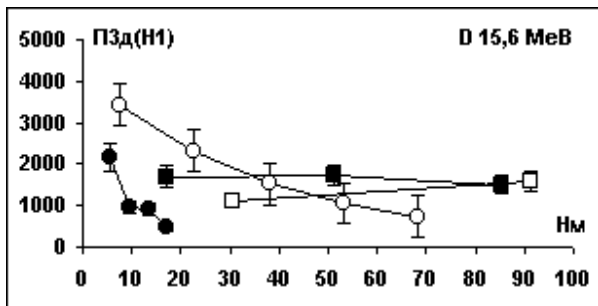


Рис. 3. Залежність активаційного інтеграла П3д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-АІ. КТ - Н1.

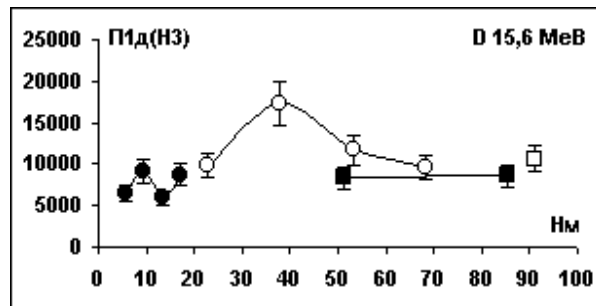


Рис. 7. Залежність активаційного інтеграла П1д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-АІ. КТ - Н3.

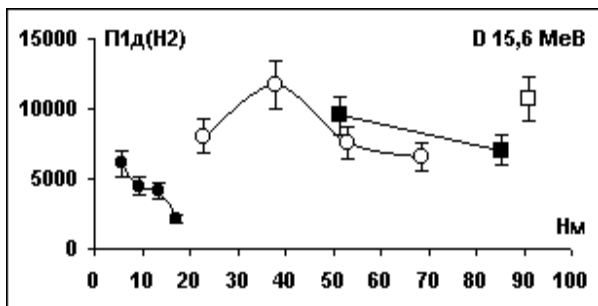


Рис. 4. Залежність активаційного інтеграла П1д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-АІ. КТ - Н2.

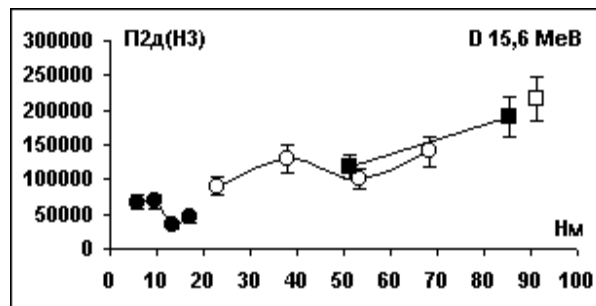


Рис. 8. Залежність активаційного інтеграла П2д ((γ)-компонента) від кількості молів Нм в D_2O -конверторі. АД-Мн. КТ - Н3.

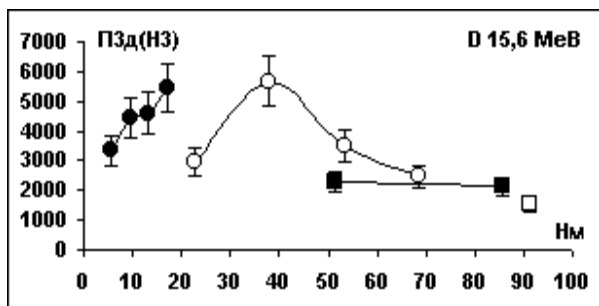


Рис. 9. Залежність активаційного інтеграла П1д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в D₂O-конверторі. АД-АІ. КТ - Н1.

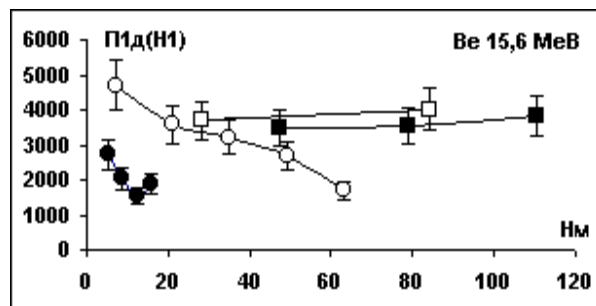


Рис. 13. Залежність активаційного інтеграла П1д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ - Н1.

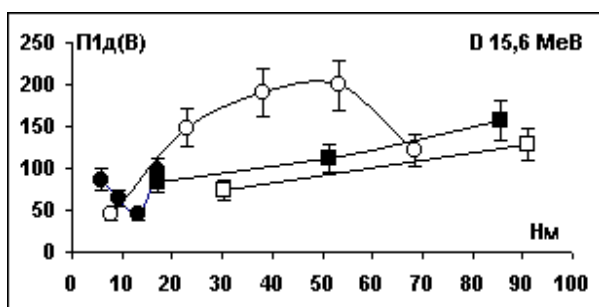


Рис. 10. Залежність активаційного інтеграла П1д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в D₂O-конверторі. АД-АІ. КП - В.

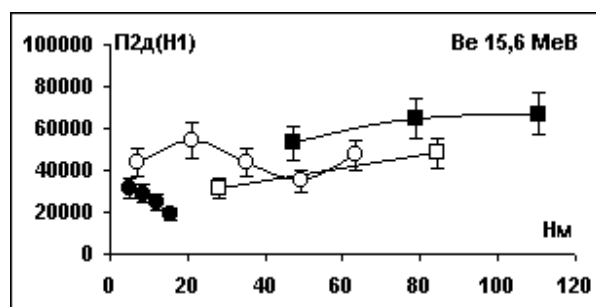


Рис. 14. Залежність активаційного інтеграла П2д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ -Н1.

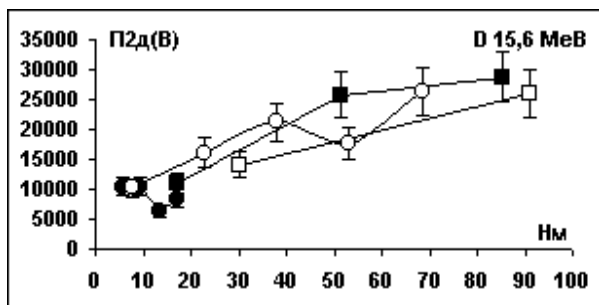


Рис. 11. Залежність активаційного інтеграла П2д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в D₂O-конверторі. АД-Мп. КЛ - В.

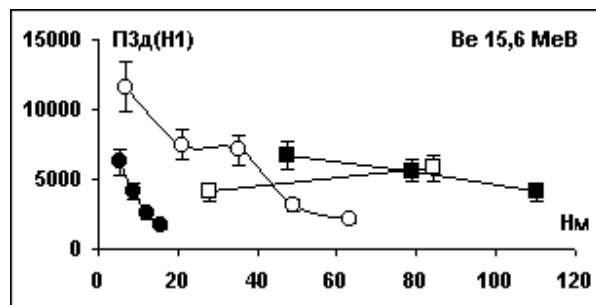


Рис. 15. Залежність активаційного інтеграла П3д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ - Н1.

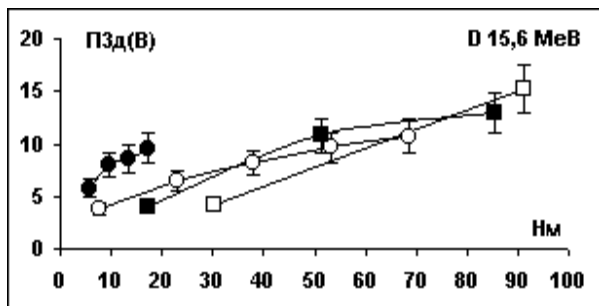


Рис. 12. Залежність активаційного інтеграла П3д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в D₂O-конверторі. АД-АІ. КП - В.

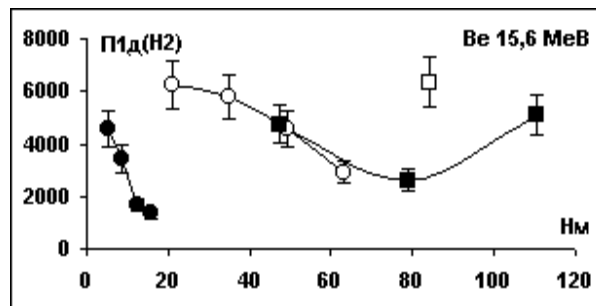


Рис. 16. Залежність активаційного інтеграла П1д ((np)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ - Н2.

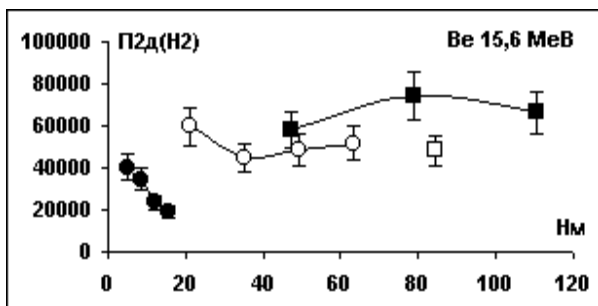


Рис. 17. Залежність активаційного інтеграла П2д (($\nu\gamma$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-Мп. КТ - Н2.

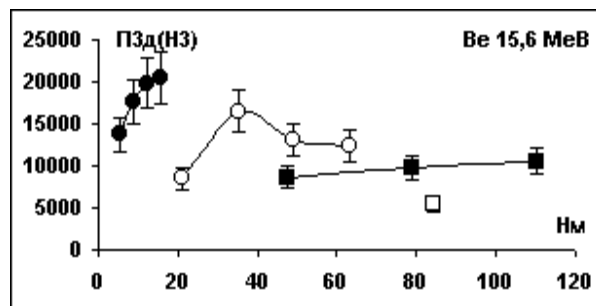


Рис. 21. Залежність активаційного інтеграла П3д (($\nu\beta$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ - Н3.

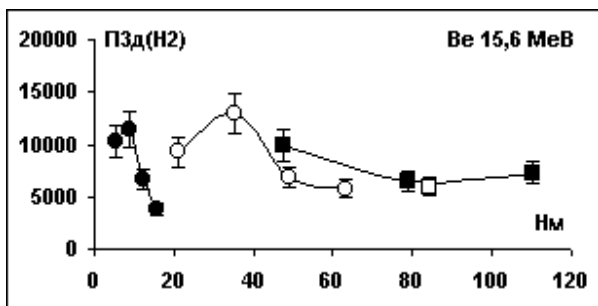


Рис. 18. Залежність активаційного інтеграла П3д (($\nu\beta$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ - Н2.

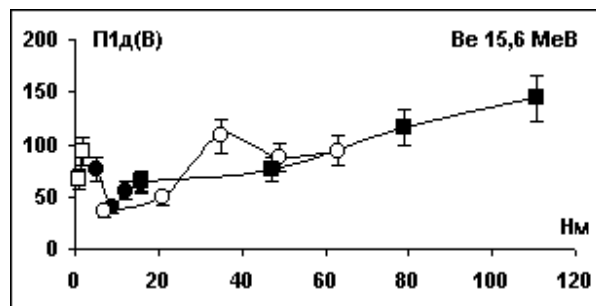


Рис. 22. Залежність активаційного інтеграла П1д (($\nu\gamma$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КП - В.

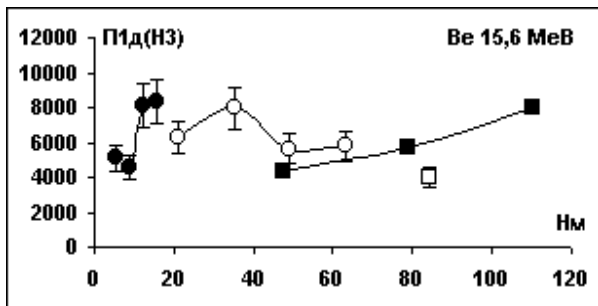


Рис. 19. Залежність активаційного інтеграла П1д (($\nu\gamma$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КТ - Н3.

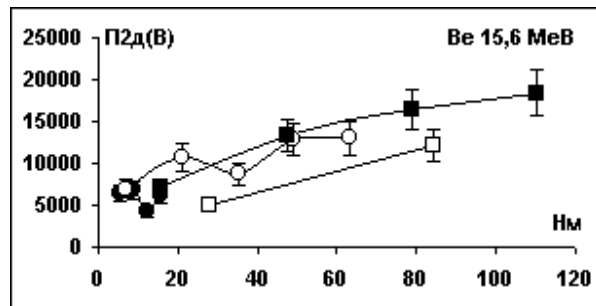


Рис. 23. Залежність активаційного інтеграла П2д (($\nu\gamma$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-Мп. КЛ - В.

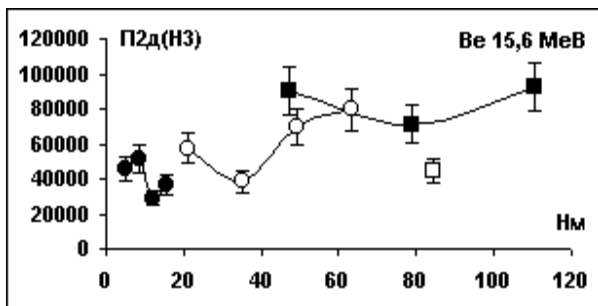


Рис. 20. Залежність активаційного інтеграла П2д (($\nu\gamma$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-Мп. АІ. КТ - Н3.

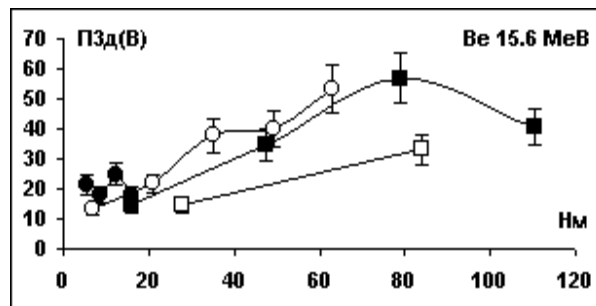


Рис. 24. Залежність активаційного інтеграла П3д (($\nu\beta$)-компонента) від кількості молів Нм в Ве-конверторі. АД-АІ. КП - В.

Література

1. Ковалёв В.П. Вторичные излучения ускорителей электронов. – М: Атомиздат, 1979.
2. Ганжа А.П. Конверторы нейтронов электронных ускорителей // Деп. ВИНТИ – 3 – 62 – 84, 1984.
3. Дробинин А.В и др. Фотонейтроны из толстых конверторов D_2O , Be и Pb при $E_{max}=15$ MeV // Атомная энергия. - т. 53. - С. 398-399.
4. Применение микротрона М-30 для изучения некоторых фотоядерных реакций области ЕІ-гигантского резонанса. Отчёт УжО ИЯИ АН УССР, № гос. регистр. 81044505, Ужгород, 1985, раздел 6.
5. Исследование процессов фотовозбуждения и распада ЕІ-гигантского резонанса атомных ядер. Отчёт №01.86005.9807УжО ИЯИ АН УССР, Ужгород, 1989. – С. 134 - 198.
6. Стець М.В., Сікора Д.І. Энергетичні залежності активаційних інтегралів ($n\gamma$)- та (np)- компонент потоку нейтронів із конверторів “квант-фотонейтрон” в інтервалі енергій електронів 14-24 MeV микротрону М-30 // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 2005. - Вип.18 - С. 47-56.
7. Стець М.В., Сікора Д.І., Гошовський М.В., Пітченко Г.Ф. Експериментальна оцінка енергетичного спектру потоку нейтронів із конверторів “гамма-квант-фотонейтрон” // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 2008. - Вип. 23 - С. 69-74.
8. Стець М.В., Сікора Д.І., Гошовський М.В., Пітченко Г.Ф., Гайніш Й.Й. Зарядові залежності активаційних інтегралів ($n\gamma$)- та (np)-компонент потоку нейтронів із конверторів “гамма-квант-фотонейтрон” // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 2008. - Вип. 23 - С. 79-84.

SPATIAL DISTRIBUTIONS OF NEUTRON FLUXES FROM THE “GAMMA-QUANTUM-PHOTONEUTRON” CONVERTERS

M.V. Stets, D.I. Sikora, M.V. Hoshovsky, G.F. Pitchenko

Institute of Electron Physics, Ukrainian National Academy of Sciences
21 Universitetska street, 88017, Uzhhorod

The experimental data on the estimation of the influence of form-factor, dimensions and masses on the activation integrals of the ($n\gamma$)- and (np)- components of neutron flux for the module-type “gamma-quantum-photoneutron” converters (converter materials: D_2O , Be, Pb and U238) are presented. The energy of accelerated electrons E_e was 15.6 MeV. To determine the activation integrals of the ($n\gamma$)- and (np)- components of neutron flux, irradiation and gamma-spectrometry of the activation Al and Mn detectors (AD) have been performed. The above activation integrals were determined at three control points and one control surface and control line to estimate the AD position factor.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ НЕЙТРОНОВ ИЗ КОНВЕРТОРОВ “ГАММА-КВАНТ-ФОТОНЕЙТРОН”

М.В. Стец, Д.И. Сикора, М.В. Гошовский, Г.Ф. Питченко

Институт электронной физики Национальной академии наук Украины
88017, г. Ужгород, ул. Университетская, 21

Приведены экспериментальные данные для оценки влияния формы, размеров, массы конверторов “гамма-квант-фотонейтрон” модульного типа (материалы конверторов: D_2O , Be), на значения активационных интегралов $(n\gamma)$ - и (np) -компонент потока нейтронов. Энергия ускоренных электронов $E_e = 15,6$ МэВ. Для определения активационных интегралов $(n\gamma)$ та (np) -компонент потока нейтронов выполнено облучение и гамма-спектрометрию активационных детекторов (АД) Al и Mn. Для оценки влияния позиции на значения активационных интегралов, АД располагались в трех контрольных точках, одной контрольной плоскости и одной контрольной линии.