

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-94-402

А.А.Архипов, Н.Г.Зайцева, О.Е.Коляскин,
Л.И.Меньшиков, Ю.В.Норсеев, Ю.П.Попов,
Н.Т.Руденко, Л.Н.Сомов, В.А.Халкин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРАБОТКИ ^{123}I
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРИРОДНОГО КСЕНОНА
НА ЛУЭ-40 ЛНФ ОИЯИ

1994

Определение наработки ^{123}I при облучении природного ксенона на ЛУЭ-40 ЛНФ ОИЯИ

Проведена экспериментальная оценка получения ^{123}I в реакции $^{124}\text{Xe}(\gamma, n)^{123}\text{Xe} \Rightarrow ^{123}\text{I}$ на линейном ускорителе электронов ЛУЭ-40 (ЛНФ им. Франка). Мишень из природного ксенона (5 г/см^2) с танталовым конвертором ($3,3 \text{ г/см}^2$) облучалась средним током электронов $40,4 \text{ мкА}$ с энергией 31 МэВ . В пересчете на ^{124}Xe с обогащением 100% величина наработки ^{123}I составляла 70 мКи/час ($\pm 20\%$). Показано, что интенсивность и энергия электронного пучка ЛУЭ-40 достаточны для производства не менее $2 \text{ Ки } ^{123}\text{I}$ за сеанс на момент извлечения его из мишени.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1994

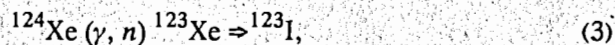
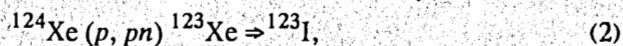
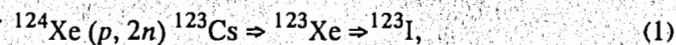
Production of ^{123}I by Photonuclear Reactions on Xenon at Linac LUE-40 of FLNP JINR

The ^{123}I yield was measured experimentally for $^{124}\text{Xe}(\gamma, n)^{123}\text{Xe} \Rightarrow ^{123}\text{I}$ reaction at linac LUE-40 of Frank Laboratory of Neutron Physics ($E_e = 31 \text{ MeV}$ and $40.4 \text{ }\mu\text{A}$ intensity). The gas target with natural xenon (5 г/см^2) was irradiated by bremsstrahlung beam generated via Ta convertor ($3,3 \text{ г/см}^2$). The ^{123}I yield from 100% enriched ^{124}Xe extrapolated from our experimentally determined data using ^{nat}Xe , amounts to 70 мКи/ч . Consequently as shown in the paper the intensity and energy of electron beam of LUE-40 make it possible the production rate of ^{123}I equal 2 Ci EOB for irradiation time.

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

1. Введение

Изотоп ^{123}I , ядерно-физические характеристики которого ($T_{1/2} = 13$ ч, $E_\gamma = 159$ кэВ, 82% на распад) стимулировали начиная с 1962 г. [1] его широкое применение в ядерной медицине для диагностики различных заболеваний (щитовидной железы, печени, почек, сердца, мозга, опухолей), может быть получен с наибольшей степенью радионуклидной чистоты при облучении ^{124}Xe в реакциях:

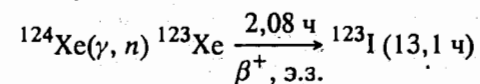


Возможность промышленного получения высокообогащенного ^{124}Xe (99%) привела к коммерческому производству больших количеств ($>> 1$ Ки за сеанс облучения) ультрачистого ^{123}I . В настоящее время такой способ производства ^{123}I из ^{124}Xe налажен в мировой практике на протонных ускорителях с $E_p \leq 30$ МэВ в Карлсруэ (ФРГ), Ванкувере (Канада), Эйндховене (Голландия) [2—4]. В 1987—89 гг. США и Япония купили немецкую технологию [2] и внедрились в производство. В 1988 г. в РИЦ «Курчатовский институт» была закончена разработка технологии облучения ^{124}Xe на циклотроне и получения ^{123}I и начаты работы по ее внедрению, завершённые в 1994 г. [5].

Для крупномасштабного производства чистого ^{123}I из ксенона возможен еще один путь, до конца пока практически никем не реализованный: использование фотоядерной реакции $^{124}\text{Xe}(\gamma, n)^{123}\text{Xe} \Rightarrow ^{123}\text{I}$. [6—9]. Производительность в этом случае ниже (примерно несколько десятых

мКи/(мкА·ч) по сравнению с реакцией $(p, 2n)$ (до ~ 10 мКи/(мкА·ч)), но ускорители электронов могут конкурировать с циклотронами, т.к. стоимость их изготовления и эксплуатации существенно ниже, чем протонных. Разработка технологии получения ^{123}I из обогащенного ^{124}Xe при облучении ксенона тормозным излучением на электронных ускорителях требует решения тех же проблем, что и на протонных циклотронах, а именно: обеспечения надежности работы мишени, автоматизации управления всем процессом облучения, создания систем контроля мощности дозы ионизирующего излучения, температуры и давления, системы мер безопасности в случае аварийных ситуаций и, наконец, автоматизированной дистанционной системы проведения радиохимического выделения, очистки и концентрирования целевого радионуклида в форме, необходимой для последующего приготовления радиофармацевтических препаратов.

Цель проведенного эксперимента заключалась в определении величины наработки ^{123}I в фотоядерных реакциях



при облучении природного ксенона (0,1% ^{124}Xe) на пучке тормозных фотонов ускорителя ЛУЭ-40 ЛНФ ОИЯИ. Эта величина является базовой при оценке возможности коммерческого использования ЛУЭ-40 для производства короткоживущего радионуклида ^{123}I с целью его дальнейшего применения в клиниках.

2. Эксперимент

В эксперименте использовались:

- 1) линейный ускоритель электронов ЛУЭ-40,
- 2) мишенное устройство, включая газовую мишень — камеру облучения ксенона, она же камера распада ^{123}Xe ,
- 3) система криогенной загрузки и выгрузки ксенона,
- 4) система извлечения ^{123}I из камеры распада,
- 5) система контроля качества ^{123}I ,
- 6) коммуникационная система,
- 7) радиобиологическая защита.

Гамма-кванты генерировались электронным пучком с $E_e = 31$ МэВ и средним током $I_e = 40,4$ мкА. Электроны тормозились в $e\gamma$ -конверторе, сделанном из тантала толщиной 2 мм (3,3 г/см²). Общая продолжительность

работы ускорителя составляла 9 часов, из них 7 часов (~ 80%) облучалась мишень.

За конвертором, на расстоянии 5 мм, располагалась мишень из нержавеющей стали объемом 50 см^3 , с внутренним диаметром 27 мм и толщиной стенок 2 мм. Мишень содержала около 30 г природного ксенона под давлением 100 атм при комнатной температуре. Во время облучения это давление повышалось до 200 атм. Контроль за давлением ксенона производился непрерывно и дистанционно. Заполнение ксеноном и его выгрузка проводились криогенным способом. В течение облучения мишень охлаждалась той же самой водой, что и конвертор. После окончания сеанса облучения мощность дозы ионизирующего излучения на расстоянии 5 см от мишени была 13 Р/ч.

Мишень после облучения выдерживали в течение 5 часов для снижения общей активности и одновременно для распада ^{123}Xe и накопления ^{123}I . После этого газовую мишень отсоединяли от мишенного устройства и доставляли в РХЛ ЛЯП, где проводили операции по получению препарата ^{123}I . Для этого мишень подсоединяли через отводную трубку к баллону, в который перекачивался ксенон. После удаления ксенона стенки мишени обмывали щелочным раствором (1М NaOH) общим объемом 53 мл. Это был исходный препарат ^{123}I , который служил для дальнейших измерений на спектрометрах с NaI(Tl)- и Ge(Li)-детекторами.

3. Результаты

Результаты нескольких измерений образцов ^{123}I показали, что в условиях проведенного эксперимента по получению ^{123}I в реакциях (γ, n) и (γ, p) на ^{124}Xe (0,1% в природном ксеноне) было наработано 500 ($\pm 20\%$) мкКи ^{123}I . То есть полученная на природном ксеноне величина наработки ^{123}I 500 мкКи показывает, что если облучать при тех же условиях обогащенный ^{124}Xe , то активность ^{123}I могла бы составить ≈ 500 мКи.

Поскольку эксперимент был выполнен не при оптимальных условиях, эту величину следует рассматривать как минимальную. Прежде всего, на ЛУЭ-40 ЛНФ есть реальная возможность поднять энергию электронов до 36 МэВ и ток до 57 мкА, что позволит увеличить наработку ^{123}I в 1,1 и 1,42 раза соответственно. Далее, количество ^{123}I зависит от времени облучения (t_b) и времени от конца облучения до сброса ксенона (t_s). При оптимальном $t_b = 13$ ч наработка может быть увеличена в 1,65 раза по сравнению с $t_b = 7$ ч

(продолжительность экспозиции нашего эксперимента). Таким образом, за счет этих факторов наработку в одном сеансе можно поднять до 1300 мКи ($500 \text{ (мКи)} \cdot 1,1 \cdot 1,42 \cdot 1,65$).

Можно привести также дополнительные очевидные факторы увеличения количества ^{123}I в одной партии, а именно:

- а) замена танталового конвертора на платиновый (1,14),
- б) изменение конструкции мишени таким образом, чтобы плотность ксенона по пробегу фотонов была увеличена минимум в 1,5 раза: с 5 г/см^2 до $7,5 \text{ г/см}^2$ (1,5).

За счет этих конструкционных решений активность в одном сеансе на время t_s может быть доведена до 2200 мКи. Этого количества достаточно для обеспечения изотопом ^{123}I всего московского региона.

4. Выводы

Результаты первого эксперимента на ЛУЭ-40 показывают:

- 1) принципиальную возможность и перспективность организации на базе этого ускорителя крупномасштабного производства ^{123}I в количестве $80 \div 100$ Ки в год,
- 2) необходимость проведения второго эксперимента с учетом всех факторов, влияющих на увеличение количества ^{123}I .

Авторы благодарны дирекции ОИЯИ за финансовую поддержку нашего эксперимента и В.И.Лушикову, В.И.Фурману, В.И.Цупко-Ситникову за интерес к работе.

Литература

1. Mayers W.G., Auger H.O. — J. Nucl. Med., 1962, vol.20, p.102.
2. Bechtold V., Schweickert H. — KfK Nachrichten, 1989, vol.21, p.13.
3. Grahon D. et al. — J. Nucl. Med., 1985, vol.26, p.104.
4. Witsenboer A.J., de Goeij J.J.M., Reiffers S. — J. Labelled Compd. Radiopharm., 1986, vol.23, p.1284.
5. Веников Н.И. и др. — Препринт ИАЭ-4934/14. М., 1989.
6. Левин В.И., Попович В.Б., Малинин А.Б., Куренков Н.А. — Способ получения ^{123}I облучением Xe и Xe (обогащенного) гамма-тормозным излучением. Авторское свидетельство № 671194 (1977).

7. Звара И. — Сообщение ОИЯИ 18-82-20, Дубна, 1982.
 8. Nordell B., Wagenbach U., Sattler E.L. — Int. J. Appl. Radiat. Isot., 1982, vol.33, p.183.
 9. Оганесян Ю.Ц. и др. — ОИЯИ, 18-88-758, Дубна, 1988.
-

Рукопись поступила в издательский отдел
28 июля 1994 года.