

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P15-85-775

Г.М.Тер-Акопьян, Фам Нгок Чыонг, Н.В.Еремин*,
В.Ф.Стрижов*, А.П.Кабаченко, Л.П.Челноков

РЕАКЦИЯ ^{10}Be (p,n)

ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ < 2 МэВ.

ВОЗМОЖНЫЙ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ СПОСОБ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ^{10}Be

Направлено на 3 Международную конференцию
по низким радиоактивностям, Братислава, 1985 г.

* НИИЯФ МГУ, Москва

1985

1. ВВЕДЕНИЕ

Долгоживущий β^- -радиоактивный нуклид ^{10}Be ($T_{1/2} = 1,6 \cdot 10^6$ лет) представляет большой интерес в геофизике и астрофизике, например, при изучении возраста осадочных пород, процессов циркуляции в воздушных и водных бассейнах, миграции химических элементов в океанах и на суше, при изучении разного рода вариаций космических лучей, радиационного возраста метеоритов размеров дометеоритных тел и т.д. Этот нуклид является космогенным изотопом и образуется, как известно (см. /1/), при взаимодействиях космических лучей с атомными ядрами легких элементов в метеоритах /2/ и с ядрами азота, кислорода и углерода в верхних слоях земной атмосферы /1,3/.

Данные исследования ряда метеоритов показывают, что содержание ^{10}Be находится в диапазоне $(0,4-4,0) \cdot 10^{10}$ ат/г /1/. Атомы ^{10}Be , образовавшиеся в верхних слоях атмосферы, в конечном счете выпадают на поверхность Земли вместе с атмосферными осадками. Скорость их выпадения определяется широтными вариациями потока первичного космического излучения и зависит от глобальных атмосферных процессов и от распределения количества осадков на поверхности Земли. По данным разных авторов /4-8/, в среднем на 1 см^2 земной поверхности выпадает $(1,5-4,2) \cdot 10^{-2}$ атомов ^{10}Be за секунду. Концентрация ^{10}Be в земных образцах изменяется в широком диапазоне и зависит от условий миграции бериллия и от конкретных характеристик исследуемых объектов. Эта концентрация варьируется от $(2-3) \cdot 10^4$ ат/г в антарктических льдах /9/ до $(2-3) \cdot 10^{10}$ ат/г в поверхностных слоях глубоководных железомарганцевых конкреций Тихого океана /10/. Авторы работы /11/, проводя исследование морских осадков и образцов дерева, оценили величину отношения $^{10}\text{Be}/^{23}\text{Be} \cdot 10^{-8}$ для поверхности Земли.

Изучение распределения ^{10}Be в земных образцах требует применения ультрачувствительных методов анализа. Поэтому такие исследования начали проводиться интенсивно лишь начиная со второй половины семидеся-

тых годов, когда появились ультрачувствительные масс-спектрометрические установки, основанные на ускорителях частиц - тандем-генераторах (см. /12,13/) и циклотронах /14/. Полученные результаты весьма интересны и указывают на необходимость дальнейших исследований по целому ряду направлений /5,10,14/. В связи с этим представляется целесообразным развитие возможных новых способов высокочувствительного определения ^{10}Be .

Один из таких способов может быть основан на применении реакции $^{10}\text{Be}(p,n)$, которая имеет низкий порог по энергии протонов $E_{\text{лаб.}} = 249$ кэВ. Из-за запрета по спину (спин и четность $^{10}\text{Be} = 0^+$, а для ядра-продукта $^{10}\text{B} = 3^+$), реакция может протекать лишь при условии перехода на первый возбужденный уровень $^{10}\text{B} = 1^+$, который расположен на 718 кэВ выше основного состояния. Следовательно, характерным признаком реакции $^{10}\text{Be}(p,n)^{10}\text{B}$ является испускание нейтронов в совпадении с γ -квантами с энергией 718 кэВ. Регистрация таких совпадений может служить надежным средством для выделения этой реакции на фоне возможных реакций (p,n) , протекающих на других ядрах. Стабильные и долгоживущие атомные ядра, имеющие пороговую энергию реакции $(p,n) V_n^0 < 1500$ кэВ, указаны в таблице.

Таблица
Стабильные и долгоживущие нуклиды с $Z \leq 30$ с пороговой энергией реакции $(p,n) V_n^0 < 1500$ кэВ (лаб. сист.)

Нуклид	Период полураспада (годы)	Содержание в естественной смеси изотопов (%)	V_n^0 (кэВ)	V_n (кэВ)
^3H	12,3	-	1018	1018
^{10}Be	$1,6 \cdot 10^6$	-	249	1038
^{14}C	$5,74 \cdot 10^3$	-	671	671
^{36}C	$3 \cdot 10^5$	-	75	2100
^{40}K	$1,28 \cdot 10^9$	0,0117	0 (экзотерм)	3206
^{41}K	стабилен	6,73	1233	1233
^{48}Ca	стабилен	0,187	510	1941
^{50}V	стабилен	0,25	262	3654
^{53}Cr	стабилен	9,5	1405	1790
^{65}Zn	стабилен	100	1031	1031
^{70}Zn	стабилен	0,62	1458	1458

V_n^0 - пороговая энергия для перехода между основными состояниями начального и конечного ядер.

V_n - пороговая энергия для первого резонанса, разрешенного правилами отбора по спину и четности ($\Delta J = 0, \pm 1, \pm 2$).

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
И
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИОНАЛЬНЫХ
АКАДЕМИЙ НАУК СССР
И
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИОНАЛЬНЫХ
АКАДЕМИЙ НАУК
США

Как видно из этой таблицы, число нуклидов, имеющих невысокий порог реакции (p, n), невелико. Это позволяет надеяться, что будет не слишком трудным создание таких условий, в которых удастся наблюдать реакцию $^{10}\text{Be}(p, n)$ даже при очень низком содержании ^{10}Be в изучаемых образцах.

Для оценки чувствительности данного метода определения ^{10}Be необходимо прежде всего получить экспериментальные данные об энергетической зависимости поперечного сечения реакции $^{10}\text{Be}(p, n)$. Это являлось целью настоящей работы.

2. Описание эксперимента

Эксперименты проводились на пучке протонов электростатического ускорителя Ван-де-Граафа ЭГ-8 НИИЯФ МГУ [19]. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.



Рис. 1. Схема установки для изучения реакции $^{10}\text{Be}(p, n)$ на пучке ускорителя Ван-де-Граафа. Д1, Д2, Д3 - диафрагмы; 1 - корпус нейтронного детектора; 2 - выдвижной медный коллектор тока пучка; 3 - цилиндр Фарадея; 4 - мишень; 5 - ^3He -счетчики.

Пучок протонов после прохождения отклоняющего магнита ускорителя ограничивался в размерах с помощью системы диафрагм Д1 - Д3, каждая из которых имела диаметр 5 мм. Ближайшая к мишени диафрагма находилась от нее на расстоянии 1 м. Мишень укрепилась на дне медного цилиндра Фарадея, который имел диаметр 45 мм и длину 550 мм. Вакуум в объеме мишени создавался ртутным насосом ускорителя и составлял 10^{-6} Тор.

Предварительная юстировка экспериментальной установки на канале пучка протонов проводилась с помощью газового лазера. Была также предусмотрена возможность наблюдения профиля пучка на кристалле кварца, который помещался вместо мишени на дне цилиндра Фарадея. Окончательный выбор положения мишени и диафрагм проводился в процессе настройки пучка по максимуму тока.

Для энергетической калибровки ускорителя ЭГ-8 использовалась резонансная реакция $^{27}\text{Al}(p, \gamma)$ ($E_p = 992$ кэВ). С использованием этой реперной точки величина энергии протонов определялась по значению поля от-

клоняющего магнита, измеряемого с помощью датчика Холла. Минимальный шаг измерения поля составлял $\Delta B = 10^{-3}$ Тл, что соответствовало шагу в измерении энергии протонов $\Delta E_p = 10$ кэВ при $E_p = 1$ МэВ.

Регистрация нейтронов, испускаемых в результате реакции $^{10}\text{Be}(p, n)$, проводилась с помощью 6 пропорциональных счетчиков, наполненных газом ^3He (4 атм). Корпуса счетчиков представляли собой трубки из нержавеющей стали диаметром 32 мм, длиной 30 см. Из 36 полетиленовых призм, имеющих поперечное сечение в форме шестигранника со стороной 2,9 см, был собран блок замедлителя - отражателя нейтронов. Поперечный разрез этого блока показан на рис. 2. В центре блока имелось сквозное отверстие шестигранной формы, в которое была вставлена алюминиевая труба диаметром 48 мм. Блок был помещен в алюминиевый экран и защищался снаружи слоем кадмия от внешнего потока тепловых нейтронов. Пропорциональные счетчики вместе со своими предусилителями помещались внутри герметических объемов цилиндрической формы, имевшихся в шести полетиленовых призмах, расположенных в непосредственной близости вокруг центрального отверстия в блоке замедлителя.

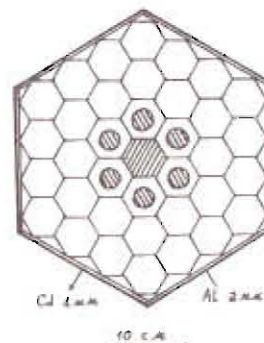


Рис. 2. Поперечное сечение нейтронного детектора. Показаны шестиугольные призмы из полетилена, в центре заштрихован чувствительный объем детектора, в который помещался цилиндр Фарадея с мишенью, облучаемой пучком протонов. Заштрихованные кружки - ^3He -счетчики.

Сигнал с каждого счетчика поступал на усилитель и далее через схему ИЛИ усиленные сигналы поступали на дискриминатор, а затем на пересчетное устройство. Коэффициенты усиления подбирались таким образом, чтобы сигналы со счетчиков совпадали между собой по амплитуде. Порог дискриминатора устанавливался на уровне 0,3 от максимальной амплитуды, соответствовавшей полному поглощению протона и тритона, образующихся при захвате теплового нейтрона ядром ^3He .

Во время эксперимента полетиленовый блок, показанный на рис. 2, устанавливался на канале протонного пучка таким образом, чтобы мишень находилась внутри центрального сквозного отверстия в центре симметрии системы ^3He -счетчиков. Вероятность регистрации одиночного нейтрона, испущенного из мишени, определялась в калибровочных измерениях с Pu-Be и ^{252}Cf источниками нейтронов. Она равнялась $\epsilon = 0,105 \pm$

$\pm 0,005$. В пределах указанной ошибки величина ε была одинакова в измерениях с этими источниками, несмотря на различие величин средней энергии нейтронов.

Мишень из изотопически чистого ^{10}Be в виде тонкого поверхностного слоя изготавливалась на масс-сепараторе 15 из бериллия, облученного в потоке нейтронов на ядерном реакторе. Слой ^{10}Be наносился на 100 мкм-алюминиевую фольгу (чистотой 99,999%) в виде пятна диаметром 12 мм. Количество ^{10}Be на мишени определялось по уровню β -активности, которая измерялась с помощью сцинтилляционного счетчика с кристаллом стибита и торцевого гейгеровского счетчика. Вероятность регистрации β -частиц ^{10}Be (максимальная энергия β -спектра $E_{\text{макс}}=0,56$ МэВ) оценивалась по данным регистрации β -частиц эталонного источника ^{134}Cs (70% переходов с $E_{\text{макс}}=0,66$ МэВ, 27% переходов с $E_{\text{макс}}=0,089$ МэВ). Уровень активности эталонного источника определялся по скорости счета характеристических γ -линий ^{134}Cs (605 и 796 кэВ).

Количество ^{10}Be на мишени, определенное в результате этих измерений, составило $6,76 \cdot 10^{14}$ атомов. Относительная ошибка толщины слоя ^{10}Be ($6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$) с учетом его неоднородности и возможной неточности в оценке эффективности β -счета составляла $\sim 30\%$.

По одной и той же методике на масс-сепараторе было изготовлено несколько мишеней из ^{10}Be и ^9Be . Толщина слоя ^9Be составляла 10–20 мкг/см² и оценивалась в результате мониторингирования величины ионного тока в фокальной плоскости масс-сепаратора.

3. Результаты и обсуждение

На рис.3 показана зависимость от энергии бомбардирующих протонов числа зарегистрированных нейтронов, приведенного к интегральному потоку протонов на мишени ^{10}Be , равному $4,5 \cdot 10^{14}$. Собственный фон счетчиков в этих измерениях был пренебрежимо мал — $2,5 \text{ мин}^{-1}$ при выключенном пучке. При средней интенсивности пучка протонов $(3-4) \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ время, за которое набирался указанный интегральный поток, составляло около 2 мин. Фон возрастал менее, чем на 10%, когда пучок протонов с энергией 1,1 МэВ и с интенсивностью $3,5 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$ останавливался в медном коллекторе, расположенном в промежутке между второй и третьей дифрактами. Фон, который регистрировался счетчиками при облучении алюминиевой фольги (без слоя ^{10}Be), показан на рис.3. Уровень этого фона при энергии 1,050 кэВ был в 150 раз меньше скорости счета нейтронов, зарегистрированной при облучении ^{10}Be , и медленно возрастал по мере роста энергии протонов до 1,9 МэВ. Аналогичной в этом диапазоне энергии протонов была зависимость уровня фона, который наблюдался при облучении мишени из металлического ^9Be толщиной 12 мкг/см², нанесенного на масс-сепараторе на алюминиевую фольгу (см.рис.3). Лишь при энергии

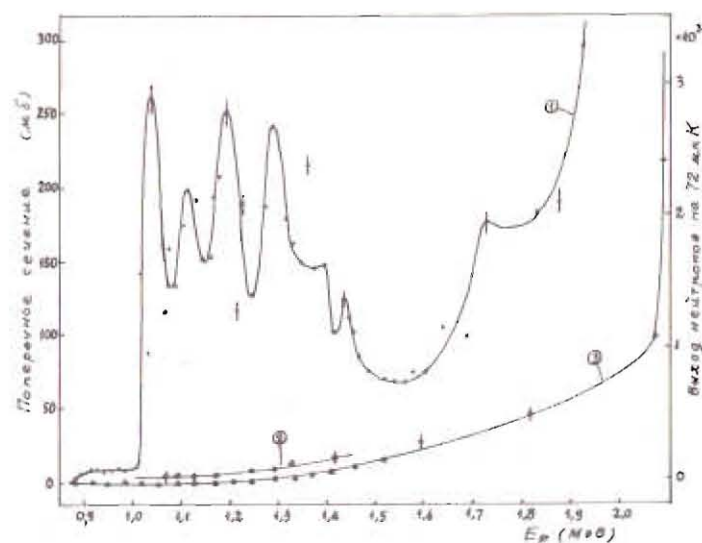


Рис.3. Зависимость выхода нейтронов от энергии бомбардирующих протонов (лаб. сист.). Мишени: 1 — ^{10}Be , 2 — Al, 3 — ^9Be . Справа указан счет нейтронов на интегральный поток протонов 72 мкА. На левой шкале дано поперечное сечение реакции $^{10}\text{Be}(p, n)$, рассчитанное для кривой 1 с учетом вероятности регистрации нейтронов, равной 0,105.

протонов $E_{\text{лаб.}} > 2$ МэВ, превышающей порог реакции $^9\text{Be}(p, n)$, в этом случае наблюдался резкий рост выхода нейтронов.

Результаты, представленные на рис.3, позволяют заключить, что кривая выхода нейтронов, полученная при облучении ^{10}Be в энергетической зависимости поперечного сечения реакции $^{10}\text{Be}(p, n)$ ^{10}B (см. шкалу поперечного сечения этой реакции на рис.3).

Можно было бы предположить, что некоторый вклад в эту кривую дает γ -кванты, испускаемые при взаимодействиях бомбардирующих протонов с ядрами ^{10}B , которые могли попасть в мишень из ^{10}Be , так как бор входил в состав изоляторов, примененных в ионном источнике масс-сепаратора. Порог реакции $^{10}\text{B}(p, n)$ $E_{\text{порог}} = 4,87$ МэВ, поэтому при энергии $E_{\text{лаб.}} < 2$ МэВ лишь γ -кванты, испускаемые в реакциях $^{10}\text{B}(p, \alpha \gamma)$, $^{10}\text{B}(p, p' \gamma)$, $^{10}\text{B}(p, \gamma)$ и др. могли, в принципе, вызвать фоновые импульсы на ^3He -счетчиках нейтронов. Однако данные ^{16}O о резонансах этих реакций и об энергии испускаемых γ -квантов, показывают, что ^{10}B

не мог дать заметного вклада в кривую рис.3. Аналогичные данные /20/ о реакциях, протекающих при бомбардировке алюминиевой мишени пучком протонов, позволяют объяснить энергетический ход кривых выхода нейтронов, полученных с мишенями из Al и ^9Be , нанесенного на Al фольгу. Нейтроны, которые регистрировались в случае этих мишеней, испускались в реакции (γ, n) , протекающей на ядрах меди, из которой был изготовлен цилиндр Фарадея (см.рис.1). Гамма-кванты с энергией > 9 МэВ, превышающей порог этой реакции, испускаются в результате реакции $^{27}\text{Al}(\gamma, n)$, поперечное сечение которой имеет сложную резонансную структуру /20/.

Данные, представленные на рис.3, указывают на возможность определения по реакции (p, n) очень малых количеств ^{10}Be . В максимуме кривой, находящемся при энергии $E_{\text{лаб}} = 1050$ кэВ, близкой к порогу реакции $^{10}\text{Be}(p, n)^{10}\text{B}^*$ с образованием ^{10}B в первом возбужденном состоянии $I_+, E^* = 718$ кэВ, поперечное сечение равно 260 мб. Облучая протонами такой энергии исследуемый слой толщиной около 100 мкг/см², нанесенный на площади 1 мм² и регистрируя испускаемые нейтроны, можно достигнуть предела чувствительности $\geq 5 \cdot 10^9$ атомов ^{10}Be . Этому пределу будет отвечать скорость счета нейтронов, которая составит $\sim 10\%$ от уровня фона, зарегистрированного с мишенями из чистого алюминия или алюминия с нанесенным слоем ^9Be (см.рис.3). Применяя вместо алюминия в качестве подложки мишени какой-либо тяжелый металл (например, золото) можно уменьшить фон, по крайней мере, в 10 раз. Это должно привести к повышению чувствительности определения ^{10}Be до уровня $\sim 5 \cdot 10^8$ атомов. Несколько лучшего предела можно достигнуть за счет сокращения времени измерения при использовании импульсного пучка протонов.

Однако более привлекательным представляется способ определения ^{10}Be , основанный на наблюдении совпадений нейтронов реакции $^{10}\text{Be}(p, n)^{10}\text{B}^*$ с γ -квантами с энергией 718 кэВ, испускаемыми при переходе ^{10}B в основное состояние. При выбранном в данной работе методе регистрации нейтронов, основанном на применении ^3He -счетчиков в замедлителе (полиэтилен), время, протекающее от момента испускания нейтрона до его регистрации, составляет в среднем 50-100 мкс. Несмотря на такое большое разрешающее время совпадений фон, как следует из оценок, может быть подавлен до пренебрежимо низкого уровня. Это подтверждается результатами работы /16/, в которой была изучена методика определения ^9Be по реакции $^9\text{Be}(\alpha, n\gamma)$. В указанных условиях предел чувствительности метода определения ^{10}Be будет определяться допустимым минимальным уровнем скорости счета γ - n совпадений. По-видимому, этот предел составит 10^7 атомов ^{10}Be . При площади мишени, равной 1 мм², и интенсивности пучка протонов 10^{14}с^{-1} частота реакций $^{10}\text{Be}(p, n\gamma)$ составит $2,6 \cdot 10^{-2} \text{с}^{-1}$. Для нейтронного детектора с ^3He -счетчиками срав-

нительно легко может быть достигнута вероятность регистрации $\sim 0,5$ /17/. Приняв для Ge(Li) детектора вероятность регистрации фотопика для γ -квантов с энергией 718 кэВ, равной 0,05, получаем скорость счета совпадений $\sim 0,7 \cdot 10^{-3} \text{с}^{-1}$, еще приемлемую для измерений.

При выборе энергии бомбардирующих протонов, слегка превышающей порог реакции $^{10}\text{Be}(p, n)^{10}\text{B}^*$ (718 кэВ), толщина мишени должна быть ≤ 100 мкг/см². Ввиду того, что содержание бериллия в большинстве образцов, представляющих интерес, является достаточно низким ($\leq 10^{-6}$ грамма на грамм), это условие может быть соблюдено, если извлекать без носителя фракцию бериллия из проб весом ≤ 1 г. Как видно из рис.3, облучение исследуемых мишеней можно проводить в более широком диапазоне энергии протонов $E_{\text{лаб}} = 1,0 - 1,4$ МэВ, в котором среднее значение поперечного сечения указанной реакции составляет ~ 180 мб. Следовательно, толщина мишеней может составлять ~ 1 мг/см². При этом предел чувствительности определения ^{10}Be составит $\sim 10^7$ атомов или $\sim 10^{-11}$ атомов на атом ^9Be .

Из приведенных оценок видно, что метод определения ^{10}Be , предложенный в данной работе, может быть применен для изучения разнообразных природных объектов. По абсолютной чувствительности он не уступает масс-спектрометрическим установкам, основанным на ускорителях частиц (см. /10, 14/). Повышение относительной чувствительности до рекордного уровня $\sim 10^{-14}$ атомов на атом, достигнутого на таких установках /18/, возможно при условии предварительного обогащения на масс-сепараторе.

Авторы выражают глубокую признательность академику Г.Н.Флерову и профессору А.Ф.Тулинову за большую поддержку этой работы. Они благодарны Ш.С.Зейналову, В.И.Смирнову и Е.А.Соколу за помощь, оказанную при подготовке аппаратуры. Авторы благодарны Н.И.Тарантину за предоставленную им возможность изготовления мишени из ^{10}Be на масс-сепараторе.

Литература

1. Lavrukhina A.K. Nuclear Reactions in Cosmical Objects, Moscow, "Nauka", 1972, p.79-80.
2. Sanders R.M. Phys.Rev., 1956, vol.104, p.1434-1440.
3. Raisbeck G.M., Yiou F. Phys.Rev., 1974, v.C9, p.1335-1345.
4. Lal D., Peters B. Handbook Fyzik, 1976, v.46, p.551.
5. Tanaka S. University of Tokyo Japan, 1981, Paper 10, p.13.
6. Sumaynulu B.L.K. Geochimica Cosmochimica Acta, 1977, v.41, p.909-913.
7. Reynolds J.L. et al. Earth Planet Sci.Lett., 1981, v.53, p.203-210.
8. Lanford W.A. et al. Nucl.Instr.Meth., 1980, v.168, p.505-510.
9. Raisbeck G.M., Yiou F. Nature, 1978, v.275, p.731-732.

10. Ku T.L., Kusadaba M., et al. Nature, 1982, v.299, p.240-242.
11. Klein J., et al. Nucl.Instr.Meth., 1982, v.193, p.601-616.
12. Litherland A.E. Proc. of the Int.Conf. on Nucl.Phys. Florence 1983, Ed. Bologna, Tipografia Compositori, 1983, v.2, p.697-714.
13. Gove H.E., Low level Counting (Proc. Second Int. Conf. Low Radiactivities'80, High Tatras, 1980), Bratislava, VEDA, 1982, p. 17-26.
14. Haisbeck G.M., Yiou F. Low level Counting (Proc. Second Int. Conf. Low Radiactivities'80, High Tatras, 1980), Bratislava, VEDA, 1982, p.51-58.
15. Tarantin N.I., Kavachenko A.P. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1965, v.38, p.103-108.
16. Фам Нгок Чьонг, Тер-Акопян Г.М. и др. Препринт ОИЯИ Р15-85-411, Дубна, 1985.
17. Ter-Akopian G.M. et al. Nucl.Instr.Meth., 1981, v.140, p.119-124.
18. Killus R.L. et al. Nucl.Instr.Meth., 1980, v.171, p.355.
19. Берзина И.Г. и др. IV Собрание по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач, Дубна, 1981, ОИЯИ Р18-82-117, Дубна, 1982, с.223-226.
20. Meyer N.A. et al. Nucl.Phys., 1975, v.A250, p.246-247.

Рукопись поступила в редакционный отдел
29 октября 1985 года.

Тер-Акопян Г.М. и др. P15-85-775
Реакция $^{10}\text{Be}(p,n)$ при энергии протонов < 2 МэВ.
Возможный высокочувствительный способ определения ^{10}Be

Поперечное сечение (σ) реакции $^{10}\text{Be}(p,n)$ измерено в диапазоне энергий протонов 800-2000 кэВ. Эксперименты проводились на пучке электростатического генератора Ван-де-Граафа. При энергии $E_{\text{лаб.}} = 1050$ кэВ, близкой к порогу реакции $^{10}\text{Be}(p,n)^{10}\text{B}^*$ (1^+ уровень $E^* = 731$ кэВ), наблюдался максимум $\sigma = 260$ мб. Среднее значение в диапазоне $E_{\text{лаб.}} = 1030-1400$ кэВ $\bar{\sigma} = 180$ мб. Дана оценка предела чувствительности определения ^{10}Be по реакции (p,n), которая составляет $\sim 10^7$ атомов или $\sim 10^{-11}$ атомов ^{10}Be на атом ^9Be .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1985

Перевод О.С.Виноградовой.

Ter-Akopian G.M. et al. P15-85-775
 $^{10}\text{Be}(p,n)$ Reaction at < 2 MeV Proton Energy.
A Possible Ultrasensitive Method for ^{10}Be Determination

Cross section (σ) of the $^{10}\text{Be}(p,n)$ reaction has been measured in the 800-2000 keV energy range. The experiments were performed on the beam of electrostatic Van der Graaff generator. The maximum value $\sigma = 260$ mb was observed at $E_{\text{лаб.}} = 1050$ keV, near the threshold of the $^{10}\text{Be}(p,n)^{10}\text{B}^*$ reaction (1^+ level, $E^* = 718$ keV). The mean cross section value in the $E_{\text{лаб.}} = 1030-1400$ keV energy interval was estimated to be $\bar{\sigma} = 180$ mb. Sensitivity limit of the ^{10}Be -determination by the (p,n) reaction was evaluated to be approx 10^7 atoms or approx. 10^{-11} atom per atom of ^9Be .

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

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1985