

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

Г-19

14/v-79  
P13 - 12212

1815/2-79

Ю.П. Гангрский, Л.В. Михайлов

УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРА  
И ПЕРЕНОСА ПРОДУКТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ  
С ПОМОЩЬЮ ЛАМИНАРНОГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

1979

P13 - 12212

Ю.П.Гангрский, Л.В.Михайлов \*

УСТАНОВКА ДЛЯ СБОРА  
И ПЕРЕНОСА ПРОДУКТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ  
С ПОМОЩЬЮ ЛАМИНАРНОГО ГАЗОВОГО ПОТОКА

*Направлено в ПТЭ*

---

\* Институт ядерных исследований АН УССР, Киев.

Гагрский Ю.П., Михайлов Л.В.

P13 - 12212

Установка для сбора и переноса продуктов ядерных реакций с помощью ламинарного газового потока

Описывается установка для сбора и транспортировки продуктов ядерных реакций с помощью ламинарного потока газа. Достигнута эффективность сбора 80% при скорости газового потока до 100 м/с и расстоянии 2 м.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1978

Gangrsky Yu.P., Mikhailov L.V.

P13 - 12212

Setup for Collection and Transport of Nuclear Reaction Products by Means of a Laminar Gaseous Flux

A setup to collect and transport nuclear reaction products by means of a laminar gaseous flux is described. The collection efficiency achieved was 60% at a gaseous flux rate up to 100 m/s and a distance 2 m.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Во многих экспериментах отделение продуктов ядерных реакций от вещества мишени и перенос их к детекторам излучений производится с помощью потока газа. Выбитые из мишени ядра отдачи тормозятся в газе и начинают двигаться вместе с газовым потоком. Чтобы выделить ядра отдачи из потока, последний либо пропускается через фильтр<sup>1,2/</sup> либо направляется на гладкую поверхность<sup>3,4/</sup>. Если измерения необходимо проводить в условиях низкого фона, то сборник ядер отдачи располагается на значительном удалении /до нескольких десятков метров/ от облучаемой мишени и газовый поток подается к сборнику по тонкому капилляру. В этом случае для уменьшения потерь ядер отдачи при их движении по капилляру используют добавки аэрозолей /пары масла, бензина и т.д./ к исходному газу<sup>5,6/</sup>. Заторможенные ядра отдачи захватываются аэрозолями и движутся вместе с ними, а не оседают на стенках капилляра. При этом, однако, эффективность их сбора существенно зависит от состава и концентрации аэрозолей, а также от чистоты исходного газа. Жесткие требования к этим параметрам создают определенные трудности при длительных измерениях, особенно при высоких интенсивностях бомбардирующих частиц.

В данной работе описывается простая по конструкции установка, позволяющая переносить продукты ядерных реакций в потоке чистого газа с достаточно высокой эффективностью на расстояние в несколько метров. Особенность работы этой установки заключается в том, что выбитые из мишени ядра отдачи тормозятся в уже сформированном потоке газа и переносятся этим потоком к фильтру. Слабое взаимодействие ламинарного потока со стенками трубы существенно уменьшает потерю пере-

носимых ядер и позволяет обойтись без аэрозолей. Кроме того, ядра отдачи останавливаются в уже движущемся с большой скоростью потоке и, следовательно, отсутствует задержка, связанная со временем их диффузии от места торможения ко входу в капилляр.

Условие ламинарности газового потока определяет соотношение между его свойствами /скорость -  $v$ , плотность -  $\rho$ , коэффициент вязкости -  $\mu$  / и диаметром трубы ( $d$ ). Соотношение между этими величинами должно быть таким, чтобы число Рейнольдса не превышало 2500 [7]:

$$Re = \frac{v d \rho}{\mu} < 2500. \quad /1/$$

На рис. 1 представлена зависимость от давления предельной скорости газового потока, при которой еще выполняется условие ламинарности /при более высокой скорости поток становится турбулентным/. Видно, что при низких давлениях газа скорость потока может быть достаточно большой /особенно в случае He /, чтобы обеспечить перенос ядер отдачи на расстояние более 1 м за несколько мс.

Блок-схема установки представлена на рис. 2. Основу ее составляет длинная трубка диаметром 1,5 см с гладкими внутренними стенками. Облучаемая мишень помещается в камеру снаружи трубы, и ядра отдачи попадают в газовый поток через систему отверстий. На конце трубы находится кассета с фильтром, который и служит для сбора продуктов реакций. Давление газа в трубе, которое определяет его плотность, устанавливается с помощью входного вентиля и измеряется манометром.

Скорость газового потока можно менять с помощью выходного вентиля /расположенного после фильтра, у насоса/. Максимальная скорость потока /при полностью открытом вентиле/ определяется сопротивлением фильтра и мощностью насоса. Измерение скорости потока проводилось по расходу газа из емкости с известным объемом и давлением.

Описанная установка была испытана для широкого диапазона продуктов реакций /от  $^{18}F$  до  $^{246}Cf$ , получаемых при облучении нейтронами, ионами  $^{12}C$  и при  $\alpha$ -распаде/. Была

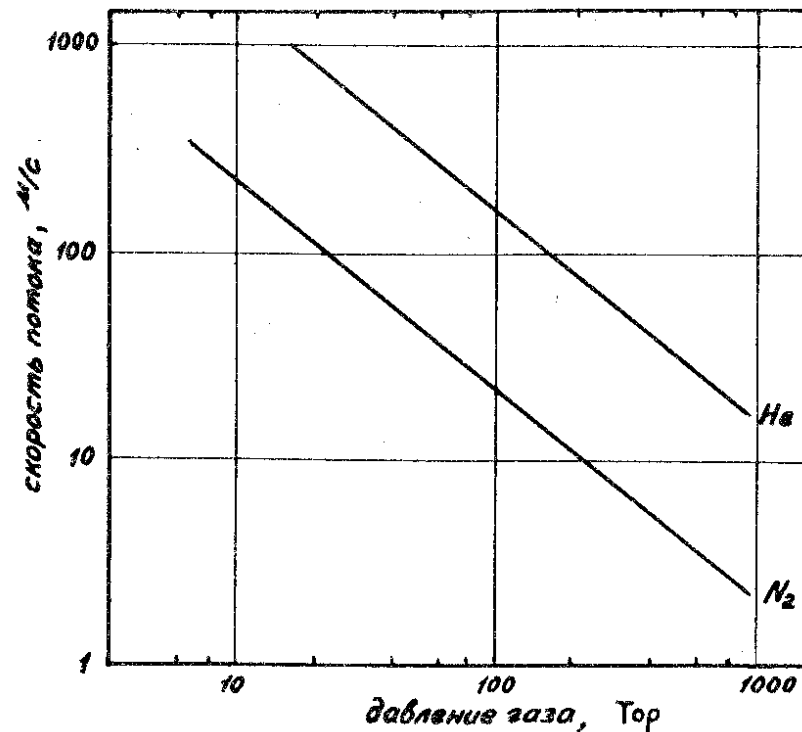


Рис.1. Зависимость скорости газового потока от давления. Диаметр трубы - 1,5 см, газы - гелий и азот.

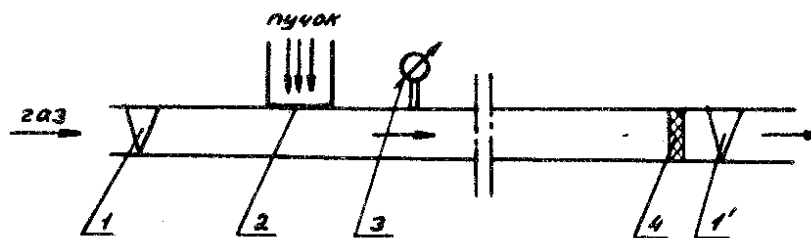


Рис.2. Блок-схема установки. 1 и 1' - входной и выходной вентиля, 2 - мишень, 3 - манометр, 4 - фильтр для сбора ядер отдачи.

измерена зависимость эффективности сбора ядер отдачи от давления газа при постоянной скорости потока. Для определения эффективности сбора измерялось отношение выходов исследуемых изотопов на фильтре и на сборнике, помещенном непосредственно за облучаемой мишенью /в этом случае ядра отдачи собирались полностью/. Идентификация получаемых в реакциях изотопов проводилась по известным энергиям  $\alpha$ - или  $\gamma$ -излучения и по периодам полураспада.

При испытаниях установки в качестве газа-носителя использовался воздух, предварительно пропущенный через пылезащитный фильтр. Ядра отдачи собирались на тонком волокнистом фильтре типа ШБ-1. Данные об использовании различных фильтров, а также различных газов приводятся в работе<sup>/2/</sup>. Результаты измерений при расстоянии от мишени до фильтра 2 м представлены в таблице. Указаны использованные для испытаний установки изотопы, реакции их получения, достигнутые для каждого изотопа максимальные эффективности сбора ( $\epsilon$ ) и соответствующие им давление ( $p$ ) и скорость ( $v$ ) воздушного потока. Приведены также характеристики ядер отдачи: их энергии ( $E_{я}$ ), рассчитанные на основе кинематики реакции, и пробеги в воздухе при указанном давлении ( $R$ ), взятые из таблиц<sup>/8/</sup>. В опытах использовались толстые мишени, поэтому ядра отдачи характеризовались широким спектром энергии. В таблице приведены максимальные значения  $E_{я}$  и  $R$ .

Из таблицы видно, что для каждого из продуктов реакций, имеющих существенно разные атомные номера и энергии отдачи, получены достаточно хорошие эффективности сбора. Наиболее высокая эффективность сбора /до 60%/ имеет место для тяжелых ядер. При измерении зависимости эффективности сбора от давления при постоянной скорости газового потока в ряде случаев оказывалось, что соотношение между  $p$  и  $v$ , определяемое выражением /1/, соответствует числам Рейнольдса более 2500, т.е. в этом случае поток уже не являлся ламинарным. Однако это не приводило к заметному снижению эффективности сбора. Например, как видно из таблицы, для ядра отдачи  $^{246}\text{Cf}$  при  $p=300 \text{ Тор}$ ,  $v=20 \text{ м/с}$  и  $Re=7500$  эффективность сбора составляет 45%. Однако при увеличении скорости газового потока до  $50 \text{ м/с}$  / $Re=18000$ / наблюдалось уже заметное падение эффективности / $\epsilon \leq 10\%$ /.

С увеличением пути транспортируемых ядер отдачи эффективность сбора снижалась незначительно. Например, при расстоянии от мишени до фильтра 4 м для осколка деления была достигнута эффективность сбора 30%.

Таблица

Реакции	$E_{я}$ , МэВ	$p$ , Тор	$R$ , см	$v$ , м/с	$\epsilon$ , %
$^{19}\text{F}(n,2n)^{18}\text{F}$	0,7	290	0,6	10	$15 \pm 2$
$^{63}\text{Cu}(n,2n)^{62}\text{Cu}$	0,25	80	0,3	20	$21 \pm 3$
$^{238}\text{U}(n,f)^{142}\text{La}$	60	650	1,8	10	$37 \pm 5$
$^{238}\text{U}(^{12}\text{C},4n)^{246}\text{Cf}$	3,5	100	1,2	20	$31 \pm 4$
		300	0,4	20	$45 \pm 5$
$^{243}\text{Am} \xrightarrow{\alpha} ^{239}\text{Np}$	0,1	10	0,4	100	$60 \pm 6$

Испытания показали также высокую стабильность работы установки. Эффективность сбора практически не менялась при долговременных /до 20 часов/ измерениях. Снижение эффективности происходило лишь при загрязнении фильтра.

Полученные результаты показали, что описанная установка может успешно использоваться для сбора и транспортировки ядер отдачи короткоживущих изотопов /с периодами полураспада до нескольких мс/ к детекторам излучений, находящимся в нескольких метрах от облучаемой мишени.

В заключение авторы выражают благодарность Г.Н.Флерову и Ю.Ц.Оганесяну за постоянный интерес к работе. Авторы благодарят также Б.Н.Маркова и В.А.Друина за полезные обсуждения, Г.Г.Гульбекяна и А.М.Кучера за помощь при проведении облучений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Friedman A.M., Mohr W.C. *Nucl.Instr. & Meth.* 1962, 17, p. 18.
2. Друин В.А., Скобелев Н.К., Сун-Цзин-Ян. ОИЯИ, 13-3975, Дубна, 1968.
3. Macfarlane R., Griffioen R. *Nucl.Instr. & Meth.* 1963, 24, p. 461.
4. Михеев В.Л. ПТЭ, 1966, № 4, с. 18.
5. Bowman W.W. et al. *Nucl.Instr. & Meth.*, 1972, 103, p. 61.
6. Kosanke K.L. et al. *Nucl.Instr. & Meth.*, 1975, 124, p. 365.
7. Прандль Л. Гидроаэромеханика. ИЛ., 1949.
8. Northcliffe L.C., Shilling R.F. *Nucl. Data Tables*, 1970, A7, p. 233.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 января 1979 года.