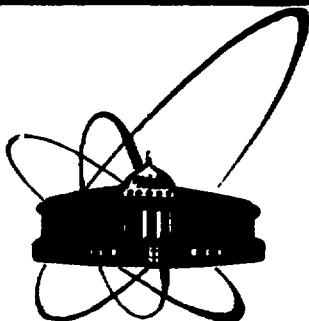


548606289



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P3-85-272

Ю.М.Гледенов, Ю.П.Попов, Х.Риголь, В.И.Салацкий

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$   
ПРИ ЭНЕРГИИ НЕЙТРОНОВ ДО 10 КЭВ

Направлено в "Z. für Phys."

1985

Изучение различных характеристик нейтронных резонансов ядер, лежащих в долине бета-стабильности, дало много информации о структуре возбужденных состояний ядер и о механизме ядерных реакций<sup>/1/</sup>. Разумно ожидать, что изучение нейтронных резонансов ядер, лежащих вне области стабильности, даст новый материал для понимания этих явлений. В последнее время появились работы, где изучаются нейтронные резонансы на радиоактивных ядрах /см. обзор<sup>/2/</sup>/. Одним из направлений таких исследований является использование реакции (n,p), весьма перспективной для нейтронно-дефицитных ядер<sup>/3/</sup>, поскольку здесь энергия связи для протона  $B_p$  уже заметно ниже, чем для нейтрона  $B_n$ .

Исследование нейтронных резонансов ряда радиоактивных ядер по регистрации заряженных частиц имеет определенные преимущества по сравнению с наиболее распространенными методами исследований: измерениями пропускания, радиационного захвата, рассеяния нейтронов. Во-первых, на медленных нейтронах реакции с эмиссией заряженных частиц происходят обычно только на одном изотопе; во-вторых, эффективность регистрации заряженных частиц, вылетающих из тонких мишеней, близка к 1, в то время как эффективность регистрации фоновых  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -квантов может быть сделана крайне малой  $\leq 10^{-6}$  /; в-третьих, такие исследования позволяют обойтись небольшим количеством ядер  $\approx 10^{14} \div 10^{17}$  исследуемого изотопа, что весьма существенно при работе с радиоактивными ядрами-мишенями.

В настоящей работе представлены результаты изучения реакции (n,p) на радиоактивном ядре  $^{36}\text{Cl}$  /рис.1/. Для этого ядра нейтронные резонансы ранее не были известны<sup>/4/</sup>. Первые результаты наших измерений были доложены на совещании<sup>/5/</sup>. Измерения проводились на нейтронном спектрометре по времени пролета на импульсном реакторе ИБР-30 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ<sup>/6/</sup>. Использовалось пролетное расстояние 85 м (разрешение 47 нс/м). В качестве детектора заряженных частиц служила ионизационная камера с сеткой<sup>/7/</sup>. Для калибровки энергетического спектра заряженных частиц и нормировки сечений исследуемой реакции проводились измерения на мишени  $^6\text{Li}$ , а для калибровки шкалы энергии нейтронов были использованы известные нейтронные резонансы на ядре  $^{35}\text{Cl}$  с  $E_0 = 393$  и  $4249$  эВ.

Мишень  $^{36}\text{Cl}$ , активностью около 300 мкКи, была приготовлена на алюминиевой подложке толщиной 1 мм осаждением NaCl из раствора в HCl. Толщина мишени была  $1,8 \text{ мг/см}^2$  в основном за счет ядер  $^{23}\text{Na}$  и  $^{35}\text{Cl}$ , а количество ядер  $^{36}\text{Cl}$  составляло  $1,1 \cdot 10^{17}$  атом/см<sup>2</sup>.

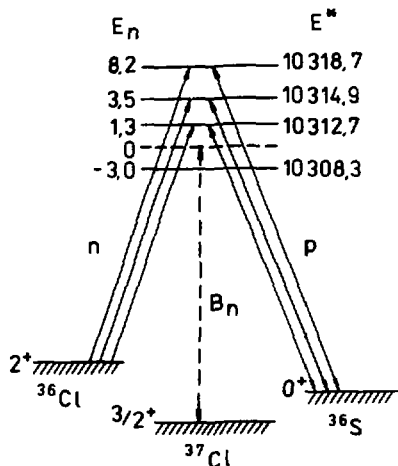


Рис.1. Схема протонного распада компаунд-состояний  $^{37}\text{Cl}$ .  $E_n$  - энергия нейтронов, кэВ;  $E^*$  - энергия возбуждения ядра, кэВ.

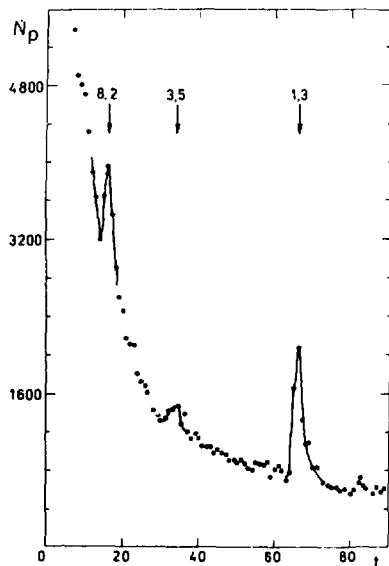


Рис.2. Времяпролетный спектр выхода протонов из реакции  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$ .  $t$  - номер канала.

Двумерная информация об энергии регистрируемых частиц и о времени пролета захваченных нейтронов записывалась на магнитную ленту измерительного модуля на базе ЭВМ СМ-3. Сортировка и обработка данных проводились на ЭВМ CDC-6500.

В результате экспериментального исследования реакции  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$  получен набор спектров по времени пролета захватываемых нейтронов для заряженных частиц в различных амплитудных окнах. Аналогичные спектры  $\alpha$ -частиц и тритонов получены в результате измерений выходов мониторинговой реакции  $^6\text{Li}(n,t)^4\text{He}$  в тех же экспериментальных условиях.

В амплитудном окне, соответствующем энергии протонов из реакции  $^{36}\text{Cl}(n,p)$  /  $E_p = 1,87$  МэВ/, получен времяпролетный спектр выхода протонов /рис.2/. При энергии нейтронов  $E_n = 1,3; 3,5$  и  $9,2$  кэВ проявились неизвестные ранее нейтронные резонансы, отвечающие высоковозбужденным уровням  $^{37}\text{Cl}$  с энергией возбуждения  $E^* = E_n + B_n / V_n = 10311,4 \pm 0,2$  кэВ<sup>1/8</sup> /. В таблице для этих уровней приведены параметры  $A_p = g \Gamma_n \Gamma_p / \Gamma$ , полученные из выражения  $\sum \sigma_i \Delta E_i = 2\pi^2 \lambda^2 A_p$ , где  $\sigma_i$  - экспериментальное сечение

реакции;  $\Delta E_i$  - интервал энергии;  $\lambda$  - длина волны нейтрона при энергии резонанса, деленная на  $2\pi$ .

Таблица

$E_n$ , кэВ	$E_n^*$ , кэВ	$E_n^{*/10}$ , кэВ	$A_p$ , эВ	$A_\gamma$ , эВ	$\Gamma_n^*$ , эВ	$\Gamma_p^{**}$ , эВ
-	-	10308,3	-	0,21±0,06	-	-
1,3±0,1	10312,7	10312,7	0,07±0,01	1,01±0,19	0,7	0,4/
3,5±0,3	10314,8	10314,9	0,08±0,03	5,9±0,9	0,14	≥10
8,2±0,9	10319,4	10318,7	1,7±0,3	3,7±0,6	4,6	≥10

\* в предположении  $\Gamma_\gamma = 1$  эВ.

\*\* в предположении  $\Gamma_\gamma = 1$  эВ,  $g = 0,6$ .

До сих пор изучение возбужденных состояний  $^{37}\text{Cl}$  проводилось с помощью реакций  $^{37}\text{Cl}(n, p'\gamma)$ ,  $^{37}\text{Cl}(p, p'\gamma)$ ,  $^{40}\text{Ar}(p, \alpha)$ ,  $^{84}\text{P}(\alpha, p\gamma)$  и др. /см., например, /8/. Но наиболее полные экспериментальные сведения о положениях высоковозбужденных уровней ядра  $^{37}\text{Cl}$  получены при исследовании реакции радиационного захвата протона  $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$  /9,10/. В работе /10/ получены наиболее точные положения уровней, а также параметры  $A_\gamma = (2J+1) \Gamma_\gamma \Gamma_p / \Gamma$ , которые также представлены в таблице. Видно хорошее соответствие найденных нами уровней  $^{37}\text{Cl}$  в реакции  $^{36}\text{Cl}(n, p)^{36}\text{S}$  с уровнями, возбуждаемыми в реакции  $^{36}\text{S}(p, \gamma)^{37}\text{Cl}$  с учетом значений  $V_n^{8/}$  и  $V_p = /8386,3 \pm 0,2/$  кэВ /10/. Из параметров  $A_p$  и  $A_\gamma$  можно оценить нейтронные ширины резонансов:  $\Gamma_n = 10 \cdot \Gamma_\gamma A_p / A$ . Оценки  $\Gamma_n$ , полученные в предположении  $\Gamma_\gamma = 1$  эВ для этих уровней, приведены в таблице. Далее, полагая  $g = 0,6$ , можно получить и грубые оценки протонных ширин резонансов  $\Gamma_p$  /см. таблицу/.

Отметим, что в резонансах 3,5 и 8,2 кэВ протонный канал распада составляет существенную долю полной ширины резонансов. Последний резонанс "совпадает" по энергии нейтронов с резонансом 8,3 кэВ в изотопе  $^{37}\text{Cl}$ , которого в мишени было почти на 2 порядка больше, чем исследуемого  $^{36}\text{Cl}$ . Поэтому только изучение протонного канала распада /реакция  $^{37}\text{Cl}(n, p)$  не идет/ позволило однозначно установить наличие резонанса с  $E_0 = 8,2$  кэВ в ядре-мишени  $^{36}\text{Cl}$ .

Исследования протонного распада высоковозбужденных состояний на примере  $^{36}\text{Cl}$  показывают, что они полезны для получения параметров нейтронных резонансов и позволяют уточнить энергетическую шкалу высоковозбужденных состояний легких и средних ядер.

Авторы выражают благодарность Т.С.Зваровой за изготовление мишеней и Н.И.Линькову за подготовку аппаратуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пикельнер Л.Б., Попов Ю.П., Шарапов Э.И. В сб.: Нейтрон. "Наука", М., 1983, с.80.
2. Вертебный В.П. В сб.: Труды IV школы по нейтронной физике. ОИЯИ, ДЗ,4-82-704, Дубна, 1982, с.66.
3. Gledenov Yu.M. et al. Z.Phys., 1982, 308, p.57.
4. Mughabghab S.F. et al. Neutron Cross Sections. Academic Press, N.Y., 1981.
5. Гледенов Ю.М. и др. Тезисы докладов на XXXIV Сессии по ядерной спектроскопии и структуре ядра. "Наука", Л., 1984, с.56.
6. Франк И.М. ЭЧАЯ, 1972, т.2, вып.4, с.807.
7. Попов Ю.П. и др. ЯФ, 1971, т.13, с.913.
8. Endt P.M., Van der Leun C. Nucl.Phys., 1978, A310, p.451.
9. Коваль А.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1965, т.11, вып.8, с.402.
10. Nooren G.J.L., Van der Leun C. Nucl.Phys., 1984, A423, p.197.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 апреля 1985 года.

Гледенов Ю.М. и др.  
Исследование реакции  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$   
при энергии нейтронов до 10 кэВ

P3-85-272

Представлены результаты измерений реакции  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$ , выполненных на реакторе ИБР-30 ЛНФ ОИЯИ. Обнаружены резонансы при  $E_0 = 1,3; 3,5$  и  $8,2$  кэВ, получены для них параметры  $A_p = (g\Gamma_n\Gamma_p/\Gamma)$ , равные  $0,07 \pm 0,01; 0,08 \pm 0,03$  и  $1,7 \pm 0,3$  эВ соответственно. Сравнение положения этих уровней  $^{37}\text{Cl}$  с набором состояний, полученных в реакции  $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$ , позволило уточнить энергетическую шкалу возбужденных состояний ядра  $^{37}\text{Cl}$ .

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Gledenov Yu.M. et al.  
Study of the  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$  Reaction  
in the Neutron Energy Range up to 10 keV

P3-85-272

The  $^{36}\text{Cl}(n,p)^{36}\text{S}$  reaction cross section was measured by the time-of flight method in the IBR-30 pulsed reactor, JINR. The measured cross section shows three, not observed previously, neutron resonances with energies  $E_n = 1.3; 3.5$  and  $8.2$  keV for which there were determined the parameters  $A_p = (g\Gamma_n\Gamma_p/\Gamma)$ :  $0.07 \pm 0.01; 0.08 \pm 0.03$  and  $1.7 \pm 0.3$  eV, respectively. The comparison of these results with the excited states obtained by the  $^{36}\text{S}(p,\gamma)^{37}\text{Cl}$  reaction made possible a more exact determination of the scale-energy of the  $^{37}\text{Cl}$  nucleus excited states.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985

8 коп.

Редактор Б.Б. Колесова. Макет Н.А. Киселевой.  
Набор В.С. Румянцевой, Н.И. Коротковой.

Подписано в печать 12.05.85.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,5.

Тираж 385. Заказ 36214.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.  
Дубна Московской области.