

## **Изучение малого нагрева УХН на Фомблине и выбор оптимальных параметров эксперимента по измерению времени жизни нейтрона, методом хранения ультрахолодных нейтронов в ловушке покрытой маслом Фомблин**

*Турлыбекулы Кылышбек*

*Объединённый институт ядерных исследований, Государственный университет «Дубна»*

*Лычагин Егор Валерьевич, к.ф.-м.н.*

*[kilishbek-t@mail.ru](mailto:kilishbek-t@mail.ru)*

Нейтроны очень низких энергий ( $\approx 10^{-7}$  эВ), которые называются ультрахолодными, обладают уникальным свойством – их можно хранить в материальных и магнитных ловушках. Это явление дает новые возможности для проведения экспериментов и изучения некоторых вопросов фундаментальной физики, физики частиц, атомного ядра и астрофизики. Один из таких экспериментов — измерение времени жизни свободного нейтрона.

Настоящая работа является частью подготовки к эксперименту по измерению времени жизни нейтрона. Целью работы является выбор типа безводородного масла Фомблин для покрытия стенок ловушки УХН в планируемом эксперименте.

Эксперименты по измерению времени жизни нейтрона можно разделить на два типа: пучковые эксперименты и эксперименты по хранению нейтронов в ловушках. В экспериментах пучкового типа измеряется скорость распада нейтронов внутри выделенной области нейтронного пучка, а в экспериментах с использованием хранения нейтронов сосуд заполняется ультрахолодными нейтронами и определяется число нейтронов, которые «выжили» после определенного времени. Основным источником систематических погрешностей в экспериментах с УХН является учет потерь нейтронов на стенках ловушек.

Как правило, потери УХН вследствие неупругого рассеяния связывают с загрызанием поверхности ловушек водородом. Водород вездесущ, и сечение неупругого рассеяния УХН велико. Следовательно, его наличие на поверхности должно заметно увеличивать потери УХН. Таким образом, в эксперименте использовался тип материала для покрытия стенок ловушки – безводородное масло Fomblin. Это масло имеет состав, содержащий только С, О, F, и как следствие, имеет малое сечение захвата. При нанесении на поверхность создает гладкий и зеркальный слой.

Были обработаны экспериментальные данные измерений, проведённые с целью определить и получить температурные зависимости вероятности т.н «малого нагрева» и коэффициент потерь УХН на поверхности различных типов безводородного масла Fomblin при различных температурах. Явление «малого нагрева» - неупругое отражение УХН с малой передачей энергии, является источником систематических погрешностей в эксперименте по измерению времени жизни нейтрона. Минимальный коэффициент потерь необходим для уменьшения вероятности поглощения УХН на стенках. В результате измерений сделан вывод о том, какой именно тип масла лучше подходит для покрытия объёма хранения УХН при измерении времени жизни нейтрона.

## **Высотное распределение скорости производства космогенного $^7\text{Be}$ на фотоядерных реакциях в земной атмосфере**

*Чумаченко Кирилл Сергеевич*

*Южный федеральный университет*

*Мальшевский Вячеслав Сергеевич, д.ф.-м.н.*

*[79034880301@ya.ru](mailto:79034880301@ya.ru)*

Космогенные изотопы - радионуклиды, произведенные в атмосфере Земли космическими лучами - являются важным инструментом современной науки. Особым вниманием пользуются изотопы бериллия  $^7\text{Be}$  и  $^{10}\text{Be}$ , которые образуются в реакциях скальвания с ядрами атмосферного кислорода и азота, вызванными космическими лучами. В последние десятилетия были разработаны различные численные модели, описывающие производство космогенных радионуклидов. Однако большие неопределенности, существующие в моделировании, делают их прямое применение зависимым от различных эмпирических соотношений вместо физически обоснованных принципов. Космогенный изотоп  $^7\text{Be}$  представляет интерес не только с точки зрения радиоактивного воздействия на биологические системы, но также может являться индикатором скоростей обмена в растениях, и, как следствие, показателем накопления природными средами загрязняющих веществ, поступающих из атмосферы [1]. Это связано с тем, что в то время как носителями  $^{137}\text{Cs}$  являются

мелкодисперсные фракции почвы, а носителями  $^{40}\text{K}$  – частицы почвы и преимущественно растительности, носителем  $^7\text{Be}$  является растительность и опад. Именно это делает его удобным индикатором для быстрой оценки возможного атмосферного загрязнения и воздушного обмена в окружающей природной среде. Он играет роль своеобразной «метки» воздушных слоев: наблюдая изменение концентрации  $^7\text{Be}$ , можно определить промежуток времени от начала движения воздушных масс [2].

В работе проведен расчет скорости образования  $P$ ,  $1/(\text{г}\cdot\text{сек})$ , космогенного изотопа  $^7\text{Be}$  на фотоядерных реакциях  $^{16}\text{O}_8(\gamma, X)^7\text{Be}_4$  и  $^{14}\text{N}_7(\gamma, X)^7\text{Be}_4$  на различных глубинах атмосферы  $d$ ,  $(\text{г}/\text{см}^2)$ . Вычисления скоростей производства изотопа  $^7\text{Be}_4$  проводились по следующей формуле:

$$P_i(d) = N_i(d) \int_{E_1}^{E_2} dE \sigma_i(E) J_i(E, d) \quad (1)$$

где  $N_i(d)$  - число атомов мишени (кислорода  $N_O = 8,678 \cdot 10^{21}$  1/г или азота  $N_N = 3,225 \cdot 10^{22}$  1/г) в одном грамме воздуха на глубине  $d$ ;  $\sigma_i(E)$  - сечение соответствующей реакции «скалывания»,  $J_i(E, d)$  - плотность потока  $\gamma$ -квантов ( $1/\text{см}^2 \cdot \text{сек} \cdot \text{МэВ}$ ) с энергией  $E$  на глубине  $d$ . Погрешность интегрирования в среднем составляет 10 %. Измеренные сечения этих реакций  $\sigma$  содержатся в [3]. Численные расчеты плотности потока  $\gamma$ -квантов  $J$  в заданном энергетическом диапазоне проводились с помощью модели «PARMA» (PHITS-based Analytical Radiation Model in the Atmosphere) [4,5], которая позволяет моделировать потоки различных частиц вторичного космического излучения с выбором заданного энергетического диапазона, глубины атмосферы, жесткости геомагнитного обрезания, а также солнечной активности и выбором типа частиц. Потоки  $\gamma$ -квантов были смоделированы на глубинах атмосферы от 50  $\text{г}/\text{см}^2$  до 1000  $\text{г}/\text{см}^2$  в следующих условиях: значение жесткости геомагнитного обрезания 5 ГВ, диапазон энергий фотонов от 0 до 100 МэВ при средней солнечной активности.

На рис. 1 представлены результаты расчетов скорости производства  $1/(\text{г}\cdot\text{сек})$   $^7\text{Be}_4$  при реакции  $^{14}\text{N}_7(\gamma, X)^7\text{Be}_4$  в зависимости от глубины атмосферы ( $\text{г}/\text{см}^2$ ).

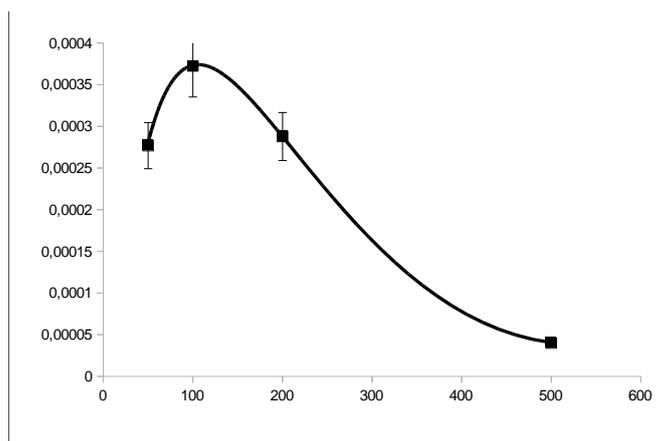


рис.1. Зависимость скорости образования  $^7\text{Be}_4$  при реакциях  $^{14}\text{N}_7(\gamma, X)^7\text{Be}_4$  на различных глубинах атмосферы.

Расчеты показывают что на глубине атмосферы 200 – 300  $\text{г}/\text{см}^2$  наблюдается возрастание скорости производства  $^7\text{Be}_4$  до глубины 100  $\text{г}/\text{см}^2$  с последующим уменьшением с глубиной  $d$ , следовательно, можно говорить о том, что образование космогенного  $^7\text{Be}_4$  на фотоядерных реакциях происходит в основном на глубинах земной атмосферы выше средних, до 300  $\text{г}/\text{см}^2$ .

Список публикаций:

- [1] Бураева Е. А., Давыдов М. Г., Зорина Л. В. и др. // *Атомная энергия*. 2007, №102, В.6, С.370.
- [2] Armstrong T. W., Chandler K. C., Barish J. J. *Geophys. Res.* 1973. 78, P.100.
- [3] Malyshevsky V.S., Bezuglov M. V., Fomin G. V. et. al. // *Physical Review C*, 2012, 86, P.024609 (1-5).
- [4] Tatsuhiko Sato, Koji Niit. *Radiation research*. 2006, 166, P.544.
- [5] Tatsuhiko Sato, Hiroshi Yasuda, Koji Niita, et. al. *Radiation research*. 2008. 170, P.244.