

## Определение Содержания Азота В Пшенице По Захвату Тепловых Нейтронов

Б.Отгоолой , П.Зузаан

*Получены оценки длины диффузии тепловых нейтронов и миграции нейтронов в пшенице для нейтронов от Pu-Be источника. Разработан метод и создана опытная установка для определения содержания азота в органических веществах.*

### ВВЕДЕНИЕ

Экспрессное определение общего содержания азота зерновых культур непосредственно на полях уборки и приёмных пунктах и оперативный контроль при их сортировке имеет большое практическое значение. Но это не возможно обеспечивать классическим методом Кьельдаля, который до сих пор является единственным методом анализа азота в Монголии.

В связи с этой проблемой возникла необходимость в изучении особенностей использования нейтронных полей с учетом происходящего взаимодействия с исследуемыми образцами.

Поэтому настоящая работа посвящена описанию экспериментального исследования по замедлению нейтронов в пшенице большой массы и созданию установки с использованием радионуклидного нейтронного источника PuBe для определения азота. Определение азота основано на регистрации мгновенных гамма-квантов с энергией 10,8 МэВ, испускаемых возбужденными ядрами азота-15 в результате захвата тепловых нейтронов ядрами  $N^{14}$ .

### ЗАМЕДЛЕНИЕ НЕЙТРОНОВ В ПШЕНИЦЕ БОЛЬШОЙ МАССЫ

Поскольку, зерно представляет собой в основном углеводы, то сама масса является эффективным замедлителем быстрых нейтронов.

И, в случае бесконечно большой массы, нам не потребовались бы дополнительные замедлители и конструкционные детали для предлагаемого метода определения азота.

В случае лабораторной установки для анализа ограниченной массы вещества, уже нужно учитывать влияние конструкционных материалов и дополнительного замедлителя на поле тепловых нейтронов. Поэтому, нами проведено исследование пространственного распределения тепловых нейтронов в среде исследуемого вещества.

На рис.1 приведены экспериментальные кривые распределения тепловых (кривая 1) и

резонансных (кривая 2) нейтронов, возникающих в результате замедления в смешанной массе разных сортов пшениц от PuBe источника.

Измерения проводились в большом баке со средой с плотностью  $0,8 \text{ г/см}^3$  методом индиевого детектора ( $E_{рез}=1.46 \text{ эВ}$ ). Из рисунка видно, что плотность резонансных нейтронов-источников тепловых нейтронов при  $r>20 \text{ см}$  относительно очень мало. Отсюда можно сказать, что в области  $r>20 \text{ см}$  идет только процесс диффузии тепловых нейтронов, который подчиняется закону  $\exp(-r/L_{диф})/r$  [1].

Из наклона прямой  $\ln[rF(r)] = -r/L_{диф}$  (кривая 3) можно оценить величину длины диффузии  $L_{диф}$  тепловых нейтронов, которая составляет  $9,3 \pm 0,3 \text{ см}$ .

Длина миграции  $L_m$  была получена из кривой 1 по формуле :

$$L_m = \sqrt{\left[ \int F(r)r^2 dr / \int F(r) dr \right] / 6}$$

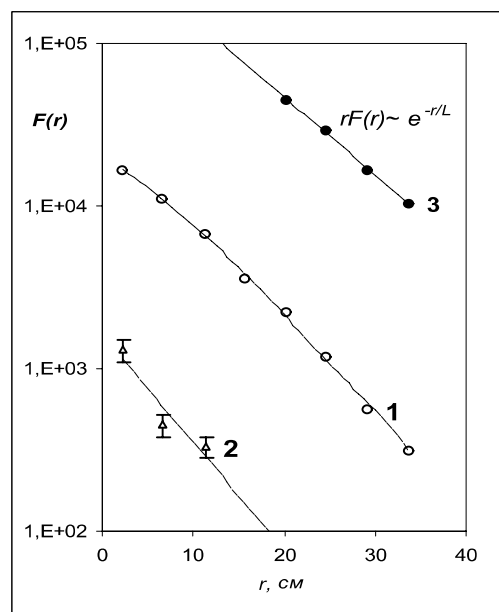


Рис.1. Пространственное распределение медленных нейтронов в пшенице больших масс

В результате вычислений получены следующие оценочные данные:

$L_M = 10.9 \pm 0.5$  см; и длина замедления  
 $L_{зам} = (L_M^2 - L_{диф}^2)^{0.5} = 5.7 \pm 0.3$  см.

Выше полученные данные представляют интерес только для данной конструкции. Тем не менее при использовании PuBe источников на основе этих данных можно сделать следующие выводы:

- Для данного метода анализа насыщение объема для тепловых нейтронов достигается на глубине около  $3L_M = 33$  см в пшенице;
- Достаточная для замедления нейтронов толщина слоя такой среды составляет 11 см;
- Сравнимые значения длины миграции нейтрона в пшенице и парафине (или в воде  $L_M = 8.2$  см для PuBe источника) [1,2] дают возможность использования эталона из парафина (воды) при определенных условиях.

#### УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЗОТА

Из общих соображений следует, что защитные и конструкционные материалы такой установки должны обеспечить условие низкого фона [3]. Таким качеством обладает карбид бора [3,4]. Но использование такого ядерного материала, как карбид бора, в установках промышленного назначения в больших количествах практически невозможно (нецелесообразно). Поэтому, в качестве конструкционного материала и дополнительного замедлителя в предлагаемой установке, был выбран парафин. Согласно диффузионной теории, зависимость плотности потока захватного мгновенного гамма-излучения от содержания данного элемента имеет следующий вид [5]:

$$N_j \sim [G_j n_j / \Sigma G_j n_j] \exp(-\sqrt{2}r / L_{nj})$$

Где  $G_j$ ,  $n_j$  – сечение и число атомов  $j$ -го элемента

$L_{nj}$  – суммарная длина миграции нейтрона и гамма-излучения

Макроскопические сечения ( $G_j n_j$ ) упругого рассеяния быстрых нейтронов и поглощения тепловых нейтронов для водорода на 1-3 порядка больше сечений для других элементов в исследуемых и конструкционных материалах. Следовательно, основным определяющим фактором для линейной

зависимости счёта захватных гамма-квантов от содержания азота является водород.

Сущность предложенного нами метода заключается в том, чтобы создать условие, обеспечивающее линейность между счётом захватных гамма-квантов и содержанием азота и устойчивость потока тепловых нейтронов замедлением быстрых нейтронов в конструкционных материалах и исследуемой среде в определенных пределах ошибок. Расчётным путем установлено оптимальное отношение  $P_o/P_v$  масс исследуемого образца и основной замедляющей части установки, которое должно быть  $\leq 0,03$ .

Где  $P_o$ ,  $P_v$  – вес образца зерен пшеницы и основной замедляющей части из парафина. В этом случае, изменение потока тепловых нейтронов составляет не больше 2%.

Таким образом, при мощности источника в  $6 \cdot 10^6$  н/сек парафин с массой 160 кг достаточен для полного замедления нейтронов, следовательно, анализируемая масса пшеницы составляет  $\sim 4,5$  кг.

Толщина исследуемого образца выбрана равной длине миграции нейтронов в пшенице т.е. равным 11 см.

Рис.2. показывает общую схему установки для определения азота.

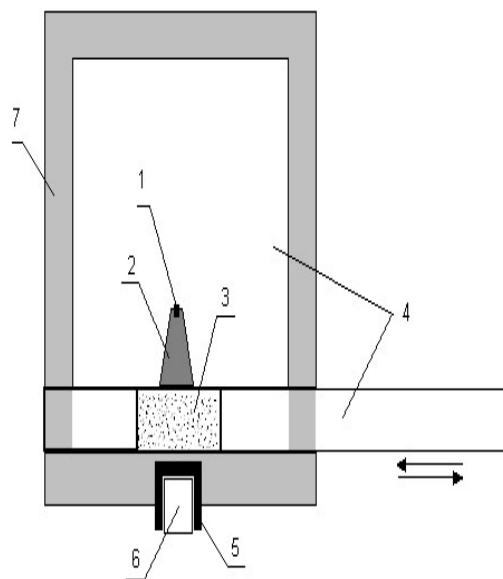


Рис.2. Общая схема установки для определения азота. 1- источник нейтронов, PuBe, 2 – защита из висмута от гамма-излучения нейтронного источника, 3 – исследуемая масса пшеницы, 4-основной замедлитель из парафина, 5- карбид бора для поглощения тепловых нейтронов, 6-детектор с кристаллом NaJ(TL) или BGO, 7- биологическая защита из полиэтилена с 10% борной кислотой.

Наши экспериментальные данные показывают, что изменение потока тепловых нейтронов при изменении сортов пшениц или при замене пшеницы парафином или водой составляет меньше двух процентов. Следовательно, в качестве постоянного калибровочного эталона использован парафин в смеси с мочевиной /  $\text{CH}_4\text{ON}_2$ .

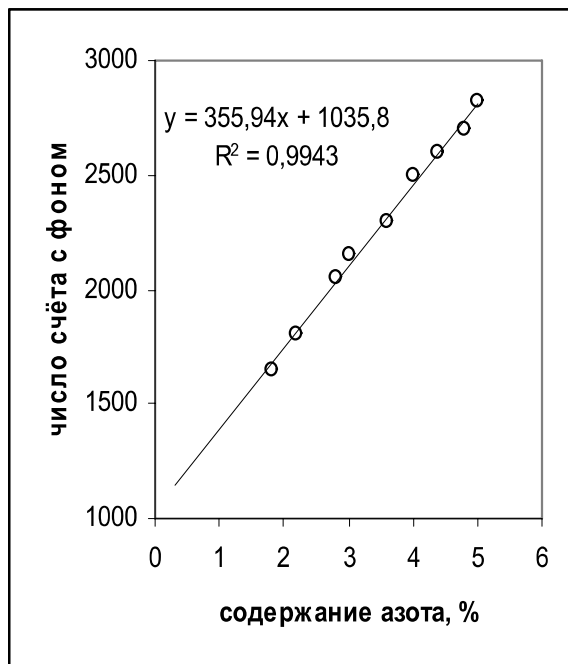


Рис.3. Зависимость счёта регистрируемых мгновенных гамма-квантов от содержания азота

Рис.3 показывает график линейной зависимости счёта захватных мгновенных гамма-квантов от содержания азота без поправки на поток нейтронов. Данная зависимость - для эталона из воды с мочевиной; измерение – на детекторе NaJ(TL) (100x100мм); нижний порог 9 МэВ; время измерения 2000 сек. Отсюда можно сказать, что фон спектра в области 10 МэВ сохраняется.

При измерении на детекторе BGO нижний порог составлял 10 МэВ.

В принципе, можно сделать поправку на поток тепловых нейтронов спомощью счёта захватных гамма- квантов с энергией 2,2 МэВ от водорода на данной установке.

На рис.4 показаны спектры захватных мгновенных гамма-квантов с энергией 10,83 МэВ, испускаемых ядрами азота -15.

Содержание азота в образце пшеницы составляло 2,6%. Время измерения 1000 сек.

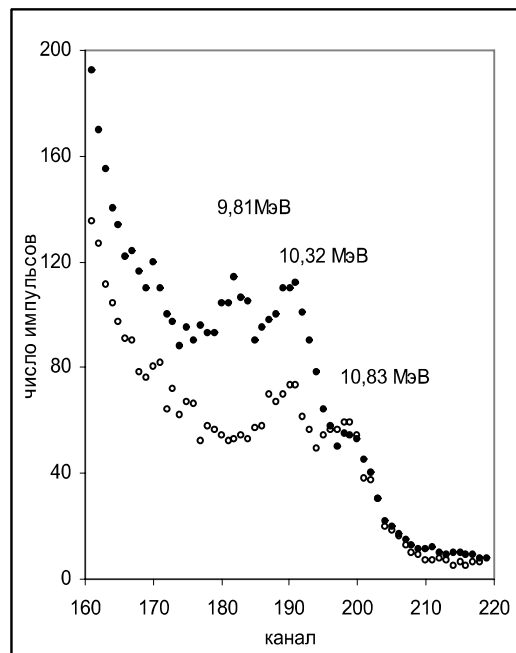


Рис.4. Спектр мгновенного гамма-излучения с энергией 10,83 МэВ

- - измерение на детекторе NaJ(TL) (100x100мм)
- - измерение на детекторе BGO (50x50мм)

Для анализа на предлагаемой установке образцы пшеницы были отобраны из 200 точек по диагонали каждого поля и смешивались до однородности. Отсюда можно сказать, что 33 минутное измерение на установке эквивалентно 200 химическим определением. В следующей таблице дано сравнение результатов определения содержания азота в зернах пшениц, выбранных из разных полей различными методами.

	1	2	3	4	5	6
Хими.ан.	2,9	2,3	2,3	2,4	2,2	2,5
Дархан		2,6	2,3	2,3	2,4	2,6
		2,3	2,0	2,3	2,3	2,3
Реакция (n,2n) ЦЯИ НУМ	2,8	2,3				
Реакция (γ,n) ОИЯИ г.Дубна	2,7					
Настоящ ая работа	2,76	2,2 2,3	2,2 2,1	2,0 1,8	2,0 2,1	2,5 2,5

Сравнение этих данных по критерию Стьюдента показывает отсутствие систематических расхождений.

В результате исследований установлено, что по точности предлагаемый метод практически не уступает химическому методу анализа содержания азота. Чувствительность нашего метода анализа составляет 0,05% за час, а воспроизводимость -3%.

Поэтому, данный метод позволяет уверенно проводить массовый анализ содержания азота в пшенице с ошибкой в пределах меньше 7% для экспрессного контроля качества урожая непосредственно на полях уборки хлебоприемных пунктов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Получены оценки длины диффузии тепловых нейтронов и миграции нейтронов в пшенице для нейтронов от  $PuBe$  источника;
- На основе этих данных разработан метод и создана опытная установка для определения содержания азота в органических веществах;
- Определены метрологические характеристики установки

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бекурц,К, Виртц, К Нейтронная физика АТОМИЗДАТ МОСКВА 1968

- [2]. Бродер Д.Л, Козловский С.А, Кызьюров В.С, Попков К.К, Рубанов С.М Биологическая защита транспортных реакторных установок МОСКВА “АТОМИЗДАТ” 1969
- [3]. Nazarov. V. M, Ostrovnoyа.Т.М, Pavlov.S.S, Sysoev.V.P Analyzer for the Determination of Protein Concentration in Corn (Conference on INDUSTRIAL radiation and radioisotope measurement applications. September 8-11, 1992 Raleigh, North Carolina.)
- [4]. Handbook on Nuclear Activation Data INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, VIENNA. 1987
- [5]. Резванов В.Е. Радио-изотопные и другие неэлектрические методы исследования скаважен МОСКВА “НЕДРА” 1982

### Дулааны Нейтроны Шингэлтээр Буудайн Азотыг Тодорхойлох Б.Отгоолой, П.Зузаан

*Үр тариан дахь нейтроны нүүдлийн , удаашралын болон дулааны нейтроны диффузын уртуудыг  $PuBe$  үүсгүүрийн хувьд үнэлсэн. Органик бодист азотыг тодорхойлох арга боловсруулагдаж, туршилтын төхөөрөмж хийгдсэн.  
( Энэ ажил “Цөмийн хавсарга судалгаа” сэдвийн хүрээнд гүйцэтгэгдэв.)*