

## РЕЗОНАНСЫН НЕЙТРОНЫ ИДЭВХЖИЛЭЭР АЛТНЫ АГУУЛГЫГ ТОДОРХОЙЛОХ АСУУДАЛД

*Б.Отгоолой, П.Зузаан, С.Одмаа, Д.Баатархүү*  
*Монгол улсын их сургууль, Цөмийн судалгааны төв*

**Товч утга:** Микротрон МТ-22-ын резонансын нейтроны суваг дахь кадмийн харьцаагаар полиэтилен сав бүхий дээжинд нейтроны удаашрах процессыг шалгав.

**Түлхүүр үгс:** резонансын нейтрон, кадмийн харьцаа, нейтроны удаашрал, микротрон

### ОРШИЛ

Микротрон МТ-22-ийн нейтроны суваг дээр дулааны нейтроноор дээжин дэх алтны агуулгыг тодорхойлоход  $\text{Na}^{24}$ ,  $\text{Mn}^{56}$  болон  $\text{As}^{76}$  изотопуудаас харгалзан өгөгдөх 511 кэВ, 547 кэВ ба 559 кэВ гамма шугамуудын комптон сарнилууд  $\text{Au}^{198}$  изотопын 412 кэВ энергийн шугамын фоныг эрс өсгөж хэмжилтийн мэдрэх чадвар ба алдаанд хүчтэй нөлөөлдөг [1].

Дээрх саад бологч фоны нөлөөг багасгах явдал нь энэхүү ажлын гол зорилт юм.

### АРГЫН ФИЗИК ҮНДЭСЛЭЛ

Шороон болон геологийн дээжинд ихээхэн хэмжээгээр агуулагдах магадлалтай бөгөөд алт болон түүнийг тодорхойлох аргын алдаанд нөлөөлдөг элементүүдэд харгалзах зарим физик хэмжигдэхүүнийг 1-р хүснэгтэд үзүүлэв.

1-р хүснэгтийг ашиглан тухайн элементээс өгөгдөх  $\gamma$ -квантын эрчмийг алтныхтай харьцуулан бодсон  $I_{\text{харь}}$  харьцангуй эрчмийн утгыг 2-р хүснэгтэд нэгтгэн харуулав.

$$\text{Энд: } I_{\text{харь}} = \frac{I_i}{I_{\text{Au}}} ; I_i = \frac{\sigma_i}{A_i} K_{i\gamma} \mathcal{G} (1 - e^{-\lambda_i t})$$

Микротрон МТ-22 дээр алтны дээжийг 2-4 цаг шарахад хүрэлцээтэй [2]. Иймд бид харьцангуй эрчмүүдийг бодохдоо шаралтын  $t$  хугацааг 3 цагаар тооцож авсан бөгөөд харин элементүүдийн агуулгыг адилхан гэж үзсэн болно.

Хүснэгт 1. Авч үзэж буй элементүүдийн зарим физик хэмжигдэхүүн

|    | A   | g <sub>i</sub> | (n,γ) урвалын σ, огтлол, барн |                | Үүссэн изотопын хагас задралын үе | Нөлөө бүхий гол шугам E <sub>γ</sub> , кэВ гаралт (K <sub>α</sub> ) |
|----|-----|----------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------------|---|
|    |     |                | σ <sub>th</sub>               | σ <sub>R</sub> |                                   |   |
| Au | 197 | 1              | 98.8                          | 1558           | 2.7өдөр                           | 412(0.955)  |
| Na | 23  | 1              | 0.53                          | 0.251          | 15.05 цаг                         | 511 (1)   |
| Mn | 55  | 1              | 13.3                          | 14             | 2.58 цаг                          | 847 (0,99)  |
| As | 75  | 1              | 4.5                           | 63             | 26.3 цаг                          | 559 (0,45)  |

Хүснэгт 2. Элементүүдийн харьцангуй эрчим

| Изотоп            | E <sub>γ</sub> , кэВ | I <sub>харь</sub> харьцангуй эрчим |                    |
|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|
|                   |                      | Дулааны нейтрон                    | Резонансын нейтрон |
| Au <sup>198</sup> | 412                  | 1                                  | 1                  |
| Na <sup>24</sup>  | 511                  | 0.188                              | 0.0057             |
| Mn <sup>56</sup>  | 847                  | 8.453                              | 0.565              |
| As <sup>76</sup>  | 559                  | 0.130                              | 0.114              |

Гэтэл хамгийн баян алтны ордны дээж дэх алтны агуулга 0.001 % (10 г/т)-аас хэтрэхгүй, харин ялангуяа Na, Mn элементүүдийн агуулга 0.5 % ба түүнээс дээш гэдгийг бодолцвол харгалзах харьцангуй хамгийн бага эрчим агуулгуудын (0,5:0,001) харьцаагаар тодорхойлогдох учраас дулааны нейтроны хувьд I<sub>харь</sub>=94 болон 4227, резонансын нейтроны хувьд I<sub>харь</sub>=2.85 болон 283 болохыг 2-р хүснэгтийн тусламжтайгаар тооцоолж болно.

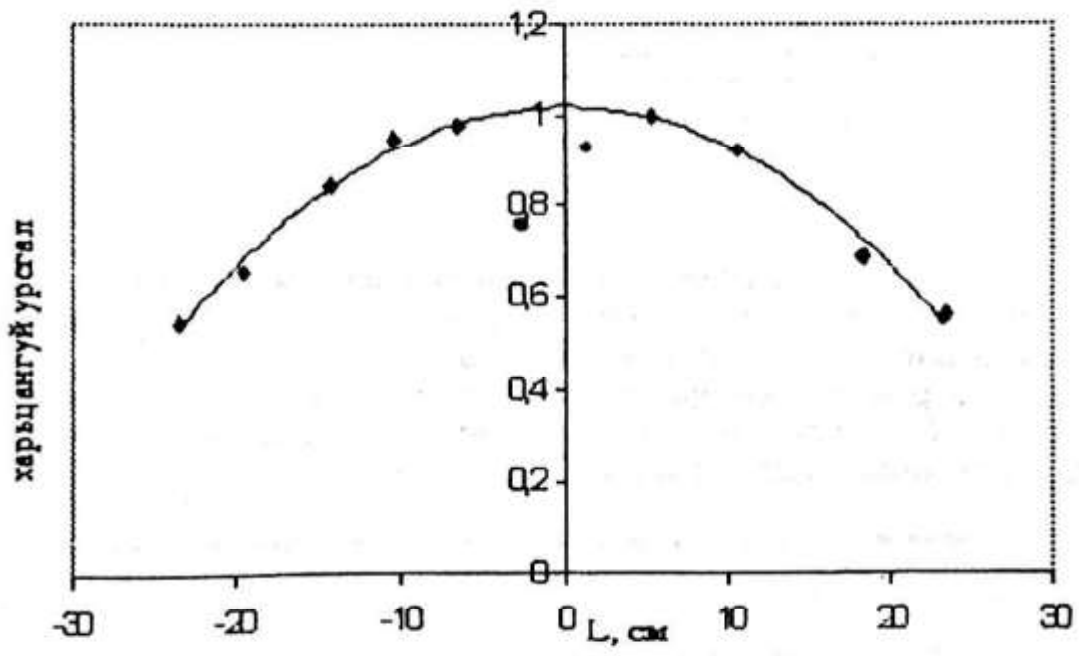
Өөрөөр хэлбэл резонансын нейтроноор шинжилгээ хийхэд 412 кэВ энергийн муж дахь фон харьцангуй бага байх нь дээрх тооцоонуудаас харагдаж байна.

### РЕЗОНАНСЫН НЕЙТРОНЫ УРСГАЛЫН ТҮГЭЛТ

Резонансын нейтроны урсгалыг тодорхойлохын тулд микротроны нейтроны сувгийг 0.5 мм зузаантай кадмийгаар доторлож (дулааны нейтроныг шингээх зорилгоор) зэс мониторуудыг байрлуулан шарсан.

Резонансын нейтроны урсгалын нягтын харьцангуй түгэлтийг U-бай цөм (конвертор)-ийн байршилтай харьцуулан 1-р зурагт үзүүлэв.

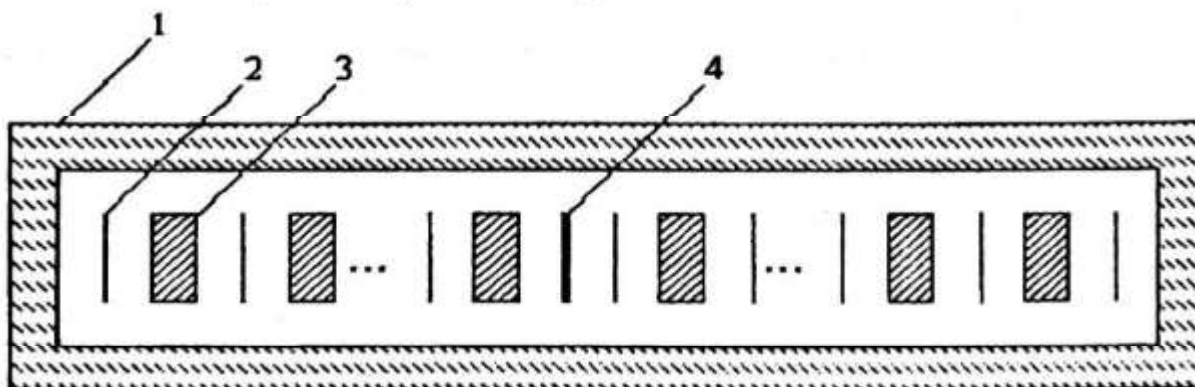
Зургаас харахад  $L \approx 0$  цэгийн орчимд урсгалын нягт багассан нь тухайн цэгийн харалдаа U бай цөм хамгийн ойрхон оршиж байгаа учраас 11.4 см диаметр бүхий хөндий сувгийн энэ хэсэгт уранаас үүсч буй нейтроны спектр бүрэн хэлбэржээгүйтэй холбоотой. Харин бусад цэгүүд дээр урсгалын нягт  $L=0$  цэгийн хоёр талд тэгш хэмтэйгээр түгсэн болох нь харагдаж байна. Туршлагын дүнгээс үзэхэд тухайн суваг дахь резонансын нейтроны урсгалын хамгийн их утга  $\Phi_R = 1.3 \cdot 10^7$  н/см<sup>2</sup>сек гэж тогтоогдсон.



Зураг 1. Резонансын нейтроны урсгалын нягтын харьцангуй түгэлт

## АЛТ ТОДОРХОЙЛОХ АСУУДАЛД

Судлагдах дээж болон стандартуудыг тусгай зориулалтын 1 мм зузаан ханатай полиэтилен савнуудад хийж шарсан геометрийг 2-р зурагт үзүүлэв. Энэ ажлыг гүйцэтгэхэд бидэнд алтан монитор байхгүй байсан учраас зэс ялтас ашиглав.



Зураг 2. Шарлагын геометр

- 1-Кадми цилиндр
- 2- зэс монитор
- 3- дээж болон стандарт бүхий полиэтилен сав
- 4- кадмид ороосон зэс монитор

$^{24}\text{Na}$ ,  $^{56}\text{Mn}$  изотопуудын нөлөөг багасгах зорилгоор шаралт дууссанаас хойш 24 цагийн дараа хэмжилт хийх нь хамгийн тохиромжтойг 1-р хүснэгтээс харж болно.

2-р зурагт заагдсан ёсоор зэргэлдээ цэгт кадмийтай болон кадмийгүй шарагдсан зэс мониторуудаас хэмжигдсэн утгуудыг ашиглан хийсэн дараах тооцоог авч үзье.

$$S=4.26 \cdot 10^6 - \text{кадмийгүй зэснээс тоологдсон импульсийн тоо}$$

$$S_{\text{Cd}}=1.28 \cdot 10^6 - \text{кадмийтай зэснээс тоологдсон импульсийн тоо}$$

Эндээс  $S-S_{\text{Cd}}=2.98 \cdot 10^6$  энэхүү ялгавар нь дулааны нейтроноор өгөгдсөн эффект учраас зэсний хувьд  $\sigma_n=4.5$  барн гэдгийг тооцвол дулааны нейтроны урсгалын нягт

$$\Phi_n \sim 2.98 \cdot 10^6 / 4.5 = 0.66 \cdot 10^6,$$

харин резонансын нейтроны хувьд

$$\Phi_R \sim 1.28 \cdot 10^6 / 4.4 = 0.29 \cdot 10^6$$

Гэдгээс

$$\frac{\Phi_{th}}{\Phi_R} \approx 2,3 \quad (1)$$

болно. Энэхүү тооцоог ашиглан алтны хувьд кадмийн харьцааг авч үзье.

Алтны хувьд (1) харьцааг санавал:

$$S \sim \Phi_{th} \sigma_{th} + \Phi_R \sigma_R = \Phi_{th} \left( \sigma_{th} + \sigma_R \frac{\Phi_R}{\Phi_{th}} \right) = \Phi_{th} \left( \sigma_{th} + \frac{\sigma_R}{2.3} \right) = 777 \cdot \Phi_{th}$$

$$S_R \sim \sigma_R \frac{\Phi_{th}}{2.3} = 680 \cdot \Phi_{th}$$

Эндээс алтны хувьд кадмийн харьцааг олбол:

$$R_{Cd} = \frac{S}{S_R} = 1.14$$

Нөгөө талаас алтны хувьд кадмийн харьцаа микротрон МТ-22-ын хувьд  $R_{Cd} \approx 1$  байх ёстой [2].

Манай тохиолдолд алтны хувьд кадмийн харьцаа ~10%-иар ихэссэн нь полиэтилен сав бүхий дээжүүдэд нейтроны удаашрал явагдаж дулааны нейтроны урсгалын нягт ихэссэнтэй холбоотой.

Иймд резонансын нейтроноор алт тодорхойлоход дулааны нейтроны эффектийг багасгах зорилгоор шинжилж буй дээжүүдийн завсар кадми шүүлтүүрийг байрлуулах шаардлагатай. Энэ нь саад бологч элементүүдийн нөлөөг буюу фоныг багасгахад чухал ач холбогдолтой.

### ДҮГНЭЛТ

Туршлагын дүнгүүдээс үзэхэд резонансын нейтроноор алтны шинжилгээ хийхдээ дээж болгоны завсар кадми шүүлтүүрийг тавих шаардлагатай нь энэ ажлаас харагдаж байна.

Тухайн арга нь зэс мониторгыг ашиглан алтны агуулгыг 0.1-10 г/т мужид тодорхойлоход хамгийн тохиромжтой.

Цаашид дээрх үр дүнг эцэслэн шалгахад алтан монитор тавин шууд тодорхойлох шаардлагатай.

### Abstract

In this work we have checked the neutron slowing-down processes on samples in polyethylene cylinder using the cadmium ratio on resonance neutron channel of microtron type MT-22.

### АШИГЛАСАН НОМ

1. Д.Баатархуу, П.Зузаан, Н.Норов, Б.Отгоолой. Определение Au в золотосодержащих образцах методом нейтронно-активационного анализа. Второй международный сибирский геоаналитический семинар "Intersibgeochem '01", /Тезисы докладов/ Иркутск 2001.
2. Ю.Г.Тетеров. Формирование полей эпитепловых нейтронов применительно к задачам анализа элементного состава вещества /Автореферат/ УДК 539.1.06/18-88-111/ Киев. 1988