

# Бага чадлын судалгааны реактор дээр нейтрон идэвхжилийн шинжилгээ хийх боломж

Ч.Сайханбаяр\*, Б.Мөнхбат, Д.Баатархүү, Г.Дамдинсүрэн, Г.Хүүхэнхүү, М.Одсүрэн

*Цөмийн Физикийн Судалгааны Төв, Монгол Улсын Их Сургууль, Улаанбаатар, Монгол Улс*

Судалгааны реактор дээрх нейтрон идэвхжилийн шинжилгээ нь геологи, уул уурхай, хүрээлэн буй байгаль орчны бохирдол, анагаах ухаан, биологи, хөдөө аж ахуй, хүнсний бүтээгдэхүүний дээж дэх нарийн мэдрэц шаардагдах элементийн маш бага агууламжийг тодорхойлоход зонхилон хэрэглэгддэг. Энэ ажлын хүрээнд манай орны нөхцөлд ашиглахад нэн тохиромжтой, үнэ өртөг харьцангуй бага, ашиглалтын зардал өндөр бус,  $10^{12}$ - $10^{13}$  н/(см<sup>2</sup>·с) орчим дулааны нейтроны урсгалтай судалгааны реактор дээр НИШ-гээр химийн элементийг илрүүлэх хамгийн бага хязгаарыг 2 арга ашиглан тодорхойлов.

Түлхүүр үг: Судалгааны реактор, нейтрон идэвхжилийн шинжилгээ, дулааны нейтрон, гамма спектрометр, элементийг илрүүлэх хязгаар.

## I. ОРШИЛ

Манай орны эдийн засагт уул уурхайн салбарын эзлэх хувь жилээс жилд тасралтгүй өсөн нэмэгдэж байна. 2019 онд улсын нийт экспортын орлогын 82.9 хувийг уул уурхайн бүтээгдэхүүн эзэлсэн байна [1]. Сүүлийн жилүүдэд алт, зэс, вольфрам, мөнгө, уран, молибден, төмөр зэрэг өнгөт болон хар металл, хайлуур жонш, нүүрсний олборлолт хурдацтай хөгжиж байна. Мөн зарим эрдэс түүхий эд, газрын ховор элементийн нөөцийг тогтоох хайгуулын судалгаа эрэмбэ дараатай хийгдэж байна.

Хурдацтай хөгжиж байгаа уул уурхайн олборлон баяжуулах үйлдвэрлэл болон хүрээлэн буй орчин (агаар, ус, хөрс, ургамал), хүнс, хөдөө аж ахуй зэрэг салбаруудын экспортын ба импортын бүтээгдэхүүний хяналтын шинжилгээнд энергийн болон долгионы дисперсийн рентген флуоресценци, атом шингээлт, соронзон индукцийн холбоост плазм, хими, цөмийн идэвхжилийн зэрэг анализын аргуудыг ашиглаж байна. Үүнээс, нейтрон идэвхжилийн шинжилгээ (НИШ) нь мэдрэх чадвар сайн, нарийвчлал өндөр, олон элементийг нэгэн зэрэг тодорхойлох, хатуу, шингэн, хийн төлөвт буй сорьцыг эвдэхгүйгээр судлах боломжтой зэрэг бусад аналитик аргуудаас ялгагдах онцлог давуу талуудтай.

Иймд эрдэс түүхий эдийн арвин баялагтай, элементийн найрлагын судалгааны хэрэгцээ ихтэй манай орны хувьд өсөн нэмэгдэж байгаа уул уурхайн олборлох, боловсруулах үйлдвэрлэлийн болон байгаль орчин зэрэг бусад

салбарын лабораторийн шинжилгээний мэдрэх хязгаар, нарийвчлал, төлөөллийг өндөржүүлэх, бүтээмжийг нэмэгдүүлэн өөрийн өртгийг хямдруулах зэрэгт цөмийн физикийн аргад үндэслэсэн багаж төхөөрөмж бүхий нейтрон идэвхжилийн аргыг түлхүү ашиглах шаардлагатай болж байна.

Элементийн анализыг НИШ-гээр явуулахад нейтроны изотопон үүсгүүр, генератор, хурдасгуур зэргийг ашигладаг боловч өндөр мэдрэц шаардагдах олон элементийг нэгэн зэрэг тодорхойлох судалгаанд хэдэн зуун кВт чадалтай бага оврын судалгааны реакторыг ашиглах хандлага улс орнуудад өсөн нэмэгдэж байна.

Манай орны хувьд ч бага чадлын судалгааны реакторыг шинжлэх ухаан техник, технологийн олон талт зориулалтаар ашиглах, ялангуяа төрөл бүрийн сорьцонд химийн элементийн анализ хийхэд үр бүтээлтэй ашиглах явдал үндсэн нэг зорилт болж байна. Судалгааны реактор дээрх НИШ нь геологи, уул уурхай, хүрээлэн буй байгаль орчны бохирдол, анагаах ухаан, биологи, хөдөө аж ахуй, хүнсний бүтээгдэхүүний нарийн мэдрэц шаардагдах сорьцонд элементийн маш бага агууламжийг тодорхойлоход зонхилон хэрэглэгддэг байна.

Манай улс судалгааны реактортой болсноор өндөр мэдрэцтэйгээр элементийн найрлагын судалгаа явуулах төдийгүй анагаахын зориулалттай цацраг идэвхт богино наст изотоп үйлдвэрлэх, силикон-допинг хийх, нейтронон дүрс-зураг гаргах, үнэт ба хагас үнэт чулууны

\* [ch.saikhanbayar@num.edu.mn](mailto:ch.saikhanbayar@num.edu.mn)

өнгө хувиргах, бодисын бүтцийн судалгаа хийх зэрэг өргөн боломж бүрдэнэ.

Бид энэ ажлаараа НИШ-ний аргаар хийх элементийн шинжилгээний мэдээллийн сан бүрдүүлж,  $10^{13}$  н/(см<sup>2</sup>·с) орчим урсгалтай бага чадлын судалгааны реактор дээр сорьц дахь элементийг тодорхойлох хамгийн бага хязгаарыг тооцоолон гаргав.

## II. ИДЭВХЖИЛИЙН ШИНЖИЛГЭЭНИЙ АРГАЗҮЙ

### A. Нейтрон идэвхжилийн шинжилгээний физик үндэс

Сорьцыг судалгааны реакторын дулааны нейтроны урсгалаар шарахад цацраг идэвхт цөм үүсэх ба задарч хорогдох хоёр процесс нэгэн зэрэг явагдах учир нэгж хугацаан дахь цацраг идэвхт цөмийн тооны өөрчлөлт дараах тэгшитгэлээр илэрхийлэгдэнэ [2]:

$$\frac{dN}{dt} = N_0 \cdot \phi \cdot \sigma - \lambda \cdot N. \quad (1)$$

Энд:  $N$  – үүсч буй цацраг идэвхт цөмийн тоо;  $\phi$  – шарж буй дулааны нейтроны урсгал (н/см<sup>2</sup>·с);  $\sigma$  – дулааны нейтроны урвалын огтлол (см<sup>2</sup>);  $\lambda$  – үүссэн цөмийн задралын тогтмол;  $N_0$  – бай цөмийн тоо.

(1) тэгшитгэлийн шийд:

$$N(t_1) = \frac{\sigma N_0 \phi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1}), \quad (2)$$

гэж олдоно.

Энд:  $t_1$  – сорьцыг нейтроноор шарах хугацаа.

(2) бол сорьцыг нейтроноор шарж байх үед үүсэх цацраг идэвхт цөмийн тоо хэрхэн өөрчлөгдөхийг харуулсан томъёо.

Нейтронноор шараад цацраг идэвхтэй болсон сорьцыг  $t_2$  хугацааны турш хөргөх буюу хүлээж байж хэмжсэн гэвэл цацраг идэвхт задралын хууль ёсоор хэмжилт яг эхлэх үед байх цацраг идэвхт цөмийн тоог

$$N(t_2) = N(t_1) e^{-\lambda t_2}, \quad (3)$$

гэж болно. Хэрэв сорьцоос гарах гамма-цацрагийг  $t_3$  хугацааны турш хэмжсэн гэвэл энэ хооронд задарсан цөмийн тоо:

$$\Delta N = N(t_2) - N(t_3) = N(t_2)(1 - e^{-\lambda t_3}), \quad (4)$$

болно. Энд:  $N(t_3)$  – хэмжилт дуусах агшин дахь цацраг идэвхт цөмийн тоо.

(2), (3) ба (4) – өөс

$$\Delta N = \frac{\sigma N_0 \phi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t_1}) e^{-\lambda t_2} (1 - e^{-\lambda t_3}), \quad (5)$$

гэж хэмжилтийн үед задарсан цөмийн тоог олж болно. Энд: сорьц дахь тухайн элементийн бай цөмийн тоог

$$N_0 = \frac{m N_A}{A}, \quad (6)$$

гэж олно. Энд:  $m$  – сорьц дахь тухайн элементийн масс;  $A$  – тодорхойлох элементийн масс тоо;  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup> – Авогадрын тоо.

Туршлагаар  $\Delta N$ -ийг хэмжихгүй, харин  $\Delta N$  – тооны цөм задрахад үссэн гамма цацрагийг Гедетектороор бүртгэх учир  $t_3$  хугацаанд бүртгэгдсэн гамма-цацрагийн тоо буюу фотопикийн талбайг ашиглана:

$$S = \varepsilon I \theta \Delta N. \quad (7)$$

Энд:  $\varepsilon$  – детекторын бүртгэмж;  $I$  – гамма-цацрагийн гаралт;  $\theta$  – урвалд орж буй изотопын байгалийн тархалт.

(5), (6) ба (7)-гоос фото-пикийн талбай:

$$S = \frac{N_A \theta m I \varepsilon \sigma \phi}{\lambda A} (1 - e^{-\lambda t_1}) e^{-\lambda t_2} (1 - e^{-\lambda t_3}) \quad (8)$$

гэж олдоно. НИШ-нд сорьц дахь тухайн химийн элементийн орц буюу агуулгыг тодорхойлно гэдэг нь  $S$ -ийг хэмжээд (8) томъёоноос  $m$ -ийг олно гэсэн үг.

### B. Сорьц дахь элементийг илрүүлэх хязгаар

НИШ-нд элементийн агуулгыг тоон хэмжээгээр тодорхойлоход харьцангуй, үнэмлэхүй гэсэн хоёр аргыг хэрэглэдэг. НИШ-ний харьцангуй аргын үед агуулга нь мэдэгдэж буй стандарт дээжийг судалж байгаа сорьцтой харьцуулах замаар элементийн агуулгыг тодорхойлдог бол үнэмлэхүй аргыг хэрэглэсэн үед сорьц дахь судлагдаж байгаа элемент бүрд идэвхжилийн шинжилгээний үндсэн томъёо (8)-ыг ашиглана. Сорьц дахь тодорхойлох элементийн агуулга буюу масс  $m$  нь (8) томъёоноос дараах хэлбэртэй олдоно.

$$m = \frac{S \cdot \lambda \cdot A \cdot e^{\lambda t_2}}{N_A \cdot \theta \cdot I \cdot \varepsilon \cdot \phi \cdot \sigma \cdot (1 - e^{-\lambda t_1}) \cdot (1 - e^{-\lambda t_3})}. \quad (9)$$

Энэ ажилд (9) томъёог ашиглан дараах 2 аргаар сорьц дахь элементийг илрүүлэх хязгаарыг тодорхойлов.

**I-р аргад** сорьц дахь химийн элементийн илрүүлэх хязгаар буюу химийн элементийн

тодорхойлогдох хамгийн бага хэмжээг дараах байдлаар тооцов:

$$m_{\min} = \frac{100 \cdot \lambda \cdot M \cdot e^{-\lambda t_2}}{N_A \cdot \theta \cdot I \cdot \varepsilon \cdot \phi \cdot \sigma \cdot (1 - e^{-\lambda t_1}) \cdot (1 - e^{-\lambda t_3})} \quad (10)$$

Энд: Спектр дээр фото-пик үүсэх хамгийн бага хэмжээ нь фонгүйгээр  $S \sim 100$  байх нөхцлийг тооцоонд ашиглав.

Сорьцонд агуулагдах элементүүдийн хагас задралын үе, урвалын огтлол зэрэг хэмжигдэхүүнүүд харилцан адилгүй байдаг тул бүх төрлийн сорьцуудыг нэгэн ижил хугацаагаар шарах боломжгүй. Гийм учраас энэ ажилд шаралтын хугацааг сорьц дахь тодорхойлох гэж буй элементийн өгөгдлөөс хамааруулан богино, дунд, урт гэж 3 янзаар сонгов (1-р хүснэгтийн a,b,c). Сорьцыг шарсны дараа тодорхой хугацаанд хүлээгээд хэмжилтийг МУИС-ийн ЦФСТ-ийн хагас дамжуулагч цэвэр Ге-детектортай гамма спектрометр дээр гүйцэтгэнэ гэж үзэв. Тус гамма спектрометрийн бүртгэмжийн муруйн тэгшитгэл

$$\varepsilon = 16.5 \cdot E_{\gamma}^{-0.888}, \quad (11)$$

-ийг тооцоонд ашиглав. Энд:  $E_{\gamma}$  – детекторт бүртгэгдэх гамма цацрагийн энерги.

Тооцоонд ашиглагдах шаралтын, хүлээх, хэмжих хугацаа буюу туршлагын хугацааны сонголтыг 1-р хүснэгтэд нэгтгэн харуулав. Туршлагын хугацааны сонголтыг гадны судлаачдын хийсэн [3] ажилд тулгуурлан өөрсдийн нөхцөлд тохируулж сонгон авав.

1-р хүснэгт. Туршлагын хугацааны сонголт

Дулааны нейтроны урсгал: $10^{13} \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$			
	Шарах	Хүлээх	Хэмжих
a	30 с.	600 с.	120 с.
b	1 ц.	1 х.	30 мин.
c	4 ц.	7 х.	60 мин.

**2-р аргад** шарах хугацаа хагас задралын үеэс хангалттай их (ханалт болохоор), хөргөх хугацаа хагас задралын үеэс бага байхаар авч (9) томъёог хялбарчлан дараах хэлбэрт оруулав [2,4]:

$$m_{\min} = \frac{S_{\min} \cdot M}{N_A \cdot \phi \cdot \sigma \cdot I \cdot \theta \cdot \varepsilon} \quad (12)$$

Энд дээжийг реактор дээр ханатал шарж идэвхжүүлэх ба бүртгэгдэх импульс фоноос ялгарах хамгийн бага хэмжээ 18 имп/мин орчим байна гэж үзэв.

### III. БАГА ЧАДЛЫН СУДАЛГААНЫ РЕАКТОР ДЭЭР ГҮЙЦЭТГЭХ НИШ-НИЙ ТООЦООНЫ ҮР ДҮН

НИШ-гээр зонхилон тодорхойлогддог элементүүдийг Менделеевийн үелэх системд тодруулж харуулав (1-р зураг).

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

1-р зураг. Менделеевийн үелэх систем дэх НИШ-гээр тодорхойлогдох элементүүд

НИШ-гээр тодорхойлж болох элементүүдийн шинжилгээ, тооцоонд зайлшгүй ашиглагдах цөмийн өгөгдлүүдийн (баталгаажсан утга) дэлгэрэнгүй мэдээллийг Олон Улсын Атомын Энергийн Агентлаг (ОУАЭА)-ийн мэдээллийн сан [5] болон ОУАЭА-ийн техникийн тайлангуудын цуврал №273 [6]-аас түүвэрлэн 2-р хүснэгтэд харуулав. Энэ хүснэгтийн 1-9-р баганад тодорхойлох элементүүдийн тогтвортой изотопын байгалийн тархалт, дулааны нейтроноор явагдах (n,γ) урвалын огтлол ба резонансын интеграл, урвалаар үүсэх цацраг идэвхт изотоп, түүний хагас задралын үе, хэмжихэд тохиромжтой гамма квантын гаралт зэрэг гол өгөгдөл, параметруудыг, 12-14-р баганад саад болох изотопын өгөгдлүүдийг, 10-11-р баганад сорьц дахь химийн элементийн илрүүлэх хязгаар буюу тодорхойлогдох хамгийн бага хэмжээг (10) болон (12) илэрхийллээр тооцоолсон утгыг үзүүлэв. 6-р багана дахь үүсэх цацраг идэвхт изотопын тэмдэглэгээнд байгаа  $m$ ,  $g$  нь изомер болон үндсэн төлөвт хамаарч буйг харуулна. **1-р** ба **2-р аргаар** элементийн илрүүлэх хязгаарыг тодорхойлохдоо зөвхөн дулааны нейтроны огтлолыг ашигласан. Цаашдын нарийвчилсан судалгаанд резонансын интегралыг нэмж тооцоолох нь зүйтэй. Энэ 2 аргаар тооцоо хийсэн үр дүнгээс харахад (10) ба (12) илэрхийллээр элементийн илрүүлэх хязгаар тодорхойлоход хоорондоо зөрүүтэй байна.

Зөрүүтэй байгаа шалтгааныг цаашдын судалгаагаар нарийн судлах нь зүйтэй.

2-р хүснэгт. НИШ-гээр тодорхойлогддог элементүүдийн гол үзүүлэлтүүд

Элемент	Тогтвортой изотоп	Байгалийн тархалт (%)	(n,γ) урвалын огтлол (барн)		Үүсэх изотоп	T <sub>1/2</sub>	Аналитик гамма шугамын		Илрүүлэх хязгаар (г)		Гол аналитик шугамд саад болох (n,γ) урвал		
			Дулааны нейтрон	Резонансын интеграл			Энерги (кэВ)	Гаралт (%)	1-р арга	2-р арга	Үүсэх изотоп	T <sub>1/2</sub>	E <sub>γ</sub> (кэВ) / Гаралт (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Na	<sup>23</sup> Na	100	0.13±0.03		<sup>24g</sup> Na	14.997 ц.	<b>1368.6</b> 2754	<b>100</b> 99.9	8.2E-11	1.0E-09	<sup>124</sup> Sb <sup>77</sup> Ge <sup>125m</sup> Sn <sup>43</sup> Ar	60.2 х. 11.3 ц. 9.52 мин. 5.37 мин.	1368.2 (2.62) 1368.3 (3.18) 1368.8 (0.10) 1369.9 (6.81)
Al	<sup>27</sup> Al	100	0.231±0.003	0.135±0.01 0.175±0.005 [6]	<sup>28</sup> Al	2.25 мин.	<b>1778.9</b>	<b>100</b>	2.8E-10	2.0E-07	<sup>88</sup> Rb	17.8 мин.	1779.8 (0.23)
Cl	<sup>37</sup> Cl	24.24	0.376±0.011		<sup>38g</sup> Cl	37.24 мин.	<b>1642.4</b> 2167.5	<b>33.3</b> 44.4	2.6E-09	9.0E-07			
K	<sup>41</sup> K	6.7302	1.46±0.03	1.40±0.10 [6]	<sup>42</sup> K	12.355 ц.	<b>1524.6</b>	<b>18.08</b>	4.7E-09	6.0E-08			
Ca	<sup>46</sup> Ca	0.004	0.74±0.07	0.96±0.1 0.32±0.12 [6]	<sup>47</sup> Ca	4.536 х.	<b>489.23</b> 807.86 1297.09	<b>5.9</b> 5.9 67	2.0E-05	3.0E-04	<sup>131</sup> Ba <sup>140</sup> La <sup>71m</sup> Zn <sup>129</sup> Te <sup>143</sup> Ce <sup>115</sup> Cd	11.8 х. 1.68 ц. 3.94 ц. 1.16 ц. 1.38 х. 2.23 х.	486.5 (2.09) 487.0 (45.9) 487.3 (62.3) 487.4 (1.42) 490.4 (1.94) 492.4 (8.03)
	<sup>48</sup> Ca	0.187	1.09±0.07	0.89±0.18	<sup>49</sup> Ca	8.718 мин.	<b>3084.4</b>	<b>90.72</b>	1.04E-08	2.0E-05			
Sc	<sup>45</sup> Sc	100	17.4±1.1	6.1±0.8 [6]	<sup>46g</sup> Sc	83.79 х.	889.3 <b>1120.6</b>	99.9 <b>99.9</b>	4.1E-11	3.0E-10	<sup>182</sup> Ta <sup>71</sup> Zn <sup>137</sup> Xe <sup>177</sup> Yb <sup>151</sup> Nd	114.74 х. 2.45 мин. 3.82 мин. 1.90 ц. 12.4 мин.	1121.3 (35.3) 1120 (2.18) 1119.3 (0.11) 1119.6 (0.54) 1121.1 (4.60)
Ti	<sup>50</sup> Ti	5.18	0.179±0.003	0.09±0.003 0.120±0.015 [6]	<sup>51</sup> Ti	5.76 мин.	<b>320.1</b> 608.6 928.6	<b>93.1</b> 1.18 6.9	3.0E-09	5.0E-07	<sup>199</sup> Pt <sup>182m</sup> Ta <sup>175</sup> Hf <sup>177m</sup> Lu <sup>147</sup> Nd <sup>51</sup> Cr <sup>177</sup> Lu <sup>193</sup> Os	30.8 мин. 15.8 мин. 70.0 х. 161 х. 27.7 х. 11.0 х. 6.71 х. 1.31 х.	317.0 (4.87) 318.4 (6.55) 318.9 (0.17) 319.0 (10.4) 319.4 (1.95) 320.1 (9.83) 321.3 (0.22) 321.6 (1.28)
Cr	<sup>50</sup> Cr	4.345	14.7±0.4 15.9±0.2 [6]	7.2±0.2 8.1±0.5 [6]	<sup>51</sup> Cr	27.704 х.	320.1	9.91	1.43E-11	1.0E-08	<sup>199</sup> Pt <sup>182m</sup> Ta <sup>175</sup> Hf <sup>177m</sup> Lu <sup>147</sup> Nd <sup>51</sup> Cr <sup>177</sup> Lu <sup>193</sup> Os	30.8 мин. 15.8 мин. 70.0 х. 161 х. 27.7 х. 11.0 х. 6.71 х. 1.31 х.	317.0 (4.87) 318.4 (6.55) 318.9 (0.17) 319.0 (10.4) 319.4 (1.95) 320.1 (9.83) 321.3 (0.22) 321.6 (1.28)
Mn	<sup>55</sup> Mn	100	13.36±0.05	13.3±0.5	<sup>56</sup> Mn	2.5789 ц.	<b>846.8</b> 1810.7 2113.1	<b>98.85</b> 26.9 14.2	5.1E-12	3.0E-09	<sup>27</sup> Mg <sup>239</sup> U <sup>87</sup> Kr <sup>125</sup> Xe <sup>137</sup> Xe	9.46 мин. 23.5 мин. 1.27 ц. 16.9 ц. 3.82 мин.	843.8 (71.8) 844.1 (0.16) 845.4 (7.34) 846.5 (1.03) 849.0 (0.62)
Fe	<sup>58</sup> Fe	0.282	1.32±0.03	1.5±0.07	<sup>59</sup> Fe	44.495 х.	<b>1099.2</b> <b>1291.6</b>	<b>56.5</b> <b>43.2</b>	4.3E-08	2.0E-06	<sup>116m</sup> In <sup>124m</sup> Sb <sup>121m</sup> Te <sup>143</sup> Ce	54.2 мин. 1.55 мин. 154 х. 1.38 х.	1097.3 (56.2) 1101.0 (0.50) 1102.2 (2.54) 1103.0 (0.36)
Co	<sup>59</sup> Co	100	18.65±1.7 [6]	31.4±4.8 [6]	<sup>60g</sup> Co	5.275 ж.	1173.2 1332.5	99.85 99.98	5.1E-12	8.0E-09	<sup>87</sup> Kr <sup>60m</sup> Co <sup>52</sup> V	1.27 ц. 10.5 мин. 3.75 мин.	1175.4 (1.11) 1332.5 (0.25) 1333.6 (0.59)
			18.8±1.5 [6]	39.7±4.3 [6]	<sup>60m</sup> Co	10.5 мин.	826 <b>1333</b>	3 <b>100</b>					
Ni	<sup>64</sup> Ni	0.9255	1.63±0.04	1.07±0.15	<sup>65</sup> Ni	2.5175 ц.	366.3 1115.5 <b>1481.8</b>	4.81 15.43 <b>23.59</b>	3.66E-08	2.0E-05	<sup>125m</sup> Sn	9.52 мин.	1483.9 (0.18)

Cu	<sup>63</sup> Cu	69.15	4.5±0.02	4.97±0.08	<sup>64</sup> Cu	12.701 ц.	511 1345.8	35.2 0.48	3.79E-11	1.0E-07	<sup>83</sup> Se <sup>71</sup> Zn <sup>71m</sup> Zn <sup>187</sup> W	22.5 мин. 2.45 мин. 3.94 ц. 23.9 ц.	510.0 (44.3) 511.6 (32.0) 511.6 (28.4)
	<sup>65</sup> Cu	30.85	2.17±0.02	2.19±0.07 2.32±0.08 [6]	<sup>66</sup> Cu	5.120 мин.	1039.2	9.23	1.54E-09	4.0E-07			
Zn	<sup>64</sup> Zn	49.17	0.731±0.01	1.37±0.06	<sup>65</sup> Zn	243.93 х.	1115.5	50.04			<sup>65</sup> Ni <sup>152</sup> Eu <sup>137</sup> Ce <sup>23</sup> Ne <sup>147</sup> Nd	2.52 ц. 13.6 ж. 9 ц. 37.2 с. 11.0 х.	1115.5 (14.8) 1112.1 (13.6) 436.6 (0.33) 439.9 (32.9) 439.9 (1.20)
	<sup>68</sup> Zn	18.45	0.072±0.004 [6]	0.24±0.03 [6]	<sup>69m</sup> Zn	13.756 ц.	438.634 574	94.85 100	2.45E-10	5.0E-08			
Ga	<sup>71</sup> Ga	39.892	4.56±0.23 [6]		<sup>72s</sup> Ga	14.1 ц.	629.9 834.1	26.13 95.45	4.92E-11	6.0E-10	<sup>17</sup> Cd <sup>79</sup> Kr <sup>66</sup> Cu <sup>137m</sup> Ce <sup>111</sup> Pd <sup>87</sup> Kr <sup>83</sup> Se	2.49 ц. 1.46 х. 5.10 мин. 1.43 х. 22.0 мин. 1.27 ц. 22.5 мин.	831.8 (2.26) 832.0 (1.26) 833.0 (0.17) 835.4 (0.10) 835.7 (0.27) 836.4 (0.77) 836.5 (15.9)
As	<sup>75</sup> As	100	4.09±0.08 4.48±0.11 [6]	63±2	<sup>76</sup> As	26.24 ц.	559.1 657.1	45 6.2	3.44E-11	4.0E-10	<sup>129m</sup> Te <sup>105</sup> Ru <sup>193</sup> Os <sup>77</sup> Ge <sup>114m</sup> In <sup>194m</sup> Ir <sup>152m1</sup> Eu	33.6 х. 39.4 х. 1.31 х. 11.3 ц. 49.5 х. 171 х. 9.32 ц.	556.6 (0.12) 557.0 (0.83) 557.4; 559.3 (1.30; 0.49) 558.0 (16.7) 558.4 (4.39) 562.4 (69.9) 562.9 (0.22)
Se	<sup>74</sup> Se	0.89	52.2±0.8	576±22 514±65 [6]	<sup>75</sup> Se	119.78 х.	121.1 136 264.7 279.5 400.7	17.2 58.5 58.9 25.02 11.41	1.16E-10	6.0E-09	<sup>181</sup> Hf <sup>131</sup> Ba <sup>197m</sup> Hg <sup>187</sup> W <sup>193m</sup> Pt <sup>79</sup> Kr <sup>186</sup> Re <sup>175</sup> Yb <sup>169</sup> Yb <sup>105</sup> Ru <sup>93m</sup> Mo <sup>182</sup> Ta <sup>75</sup> Ge <sup>75</sup> Se	42.4 х. 11.8 х. 23.8 ц. 23.9 ц. 4.33 х. 1.46 х. 3.78 х. 4.19 х. 32 х. 4.44 ц. 6.85 ц. 115 х. 11.3 ц. 120 х. 8.10 ц.	133.0; 136.3 (35.9; 5.8) 133.6 (2.19) 133.9 (34.1) 134.2 (8.56) 135.5 (0.11) 136.1; 261.3 (0.85; 12.7) 137.2 (9.18) 137.7 (0.12) 261.1 (1.90) 262.8 (6.68) 263.1 (56.7) 264.1 (3.66) 264.4 (51)
Br	<sup>79</sup> Br	50.69	8.6±0.4 [6]	95.7±10 [6]	<sup>80s</sup> Br	17.68 мин.	616.3	6.7	2.08E-10	3.0E-08	<sup>131m</sup> Te <sup>82m</sup> Br <sup>99</sup> Mo <sup>152</sup> Eu	1.25 х. 6.13 мин. 2.75 х. 13.6 ж.	773.7 (38.2) 776.5 (0.20) 777.8 (4.36) 778.9 (13.1)
	<sup>81</sup> Br	49.31	0.26 [6]	8.9 [6]	<sup>82s</sup> Br	35.282 ц.	554.3 619.1 698.4 776.5 827.8 1044 1317.5 1474.9	71.1 43.5 28.3 83.4 24 28.3 26.8 16.6	9.4E-11	3.1E-08			
Rb	<sup>85</sup> Rb	72.17	0.427±0.011 [6]	3.76±0.50 [6]	<sup>86s</sup> Rb	18.642 х.	1077	8.64	4.71E-09	9.0E-08			
	<sup>87</sup> Rb	27.83	0.120±0.030	2.38±0.12	<sup>88</sup> Rb	17.773 мин.	898 1836	14.4 22.81					
Sr	<sup>84</sup> Sr	0.56	0.35±0.07 [6]	6.6±1.1	<sup>85s</sup> Sr	64.849 х.	514	96	2.64E-08	2.0E-06	<sup>106m</sup> Ag <sup>85</sup> Kr	8.41 х. 10.7 ж.	511.9 (88.2) 514.0 (0.44)
			0.6±0.06 [6]	4.59±0.15	<sup>85m</sup> Sr	67.7 мин.	151	95					
Zr	<sup>94</sup> Zr	17.38	0.0511± 0.0017	0.28±0.01	<sup>95</sup> Zr	64.032 х.	724.2 756.7	44.27 54.38	2.49E-08	2.0E-06	<sup>134</sup> Ce <sup>124</sup> Sb <sup>154</sup> Eu <sup>105</sup> Ru <sup>114m</sup> In	1.38 х. 60.2 х. 8.80 ж. 4.44 ц. 49.5 х.	722 (5.04) 722.8 (10.8) 723.3; 756.9 (19.7; 4.33) 724.2 (46.7) 725.2 (4.33)
Mo	<sup>98</sup> Mo	24.39	0.130±0.006	6.7±0.3 7.3±1.8 [6]	<sup>99</sup> Mo	65.924 ц.	181.1 739.5 777.9	6.05 12.2 4.31	1.44E-09	2.0E-07	<sup>198m</sup> Au <sup>157</sup> Dy	2.30 х. 8.10 ц.	180.3 (50.8) 182.2 (2.16)
	<sup>100</sup> Mo	9.82	0.199±0.003	3.76±0.15 4.2±0.5 [6]	<sup>101</sup> Mo	14.61 мин.	191.9 505.9 590.1 695.6 1012.5 1532.5	18.21 11.6 19.2 6.66 13 6.14					

Ag	<sup>109</sup> Ag	48.161	4.7±0.2 [6]	72.8±5.0 [6]	<sup>110m</sup> Ag	249.83 х.	657.8 677.6 706.7 884.7 937.5 1384.3 1505	95.61 10.7 16.69 75 35 25.1 13.33	2.65E-12	1.0E-08	<sup>76</sup> As <sup>149</sup> Nd <sup>105</sup> Ru <sup>152</sup> Eu	1.10 х. 1.73 ц. 4.44 ц. 13.517 ж.	657.0 (6.16) 654.87 (7.95) 656.2 (2.10) 656.5 (0.144)
Cd	<sup>110</sup> Cd	12.49	0.14±0.05 [6]	2.5±1	<sup>111m</sup> Cd	48.5 МИН.	150.8 245.4	29.1 94			<sup>111m</sup> Pd <sup>128</sup> I <sup>135m</sup> Xe <sup>161</sup> Gd <sup>47</sup> Ca	5.50 ц. 25.0 МИН. 15.6 МИН. 3.66 МИН. 4.54 х.	525.6 (1.20) 526.5 (1.59) 526.6 (80.5) 529.5 (1.26) 530.4 (0.10)
	<sup>114</sup> Cd	28.73	0.30±0.02 [6]	19.9±2.5 [6]	<sup>115g</sup> Cd	53.46 ц.	492.4 527.9	8.03 27.4	3.53E-09	6.0E-08			
In	<sup>113</sup> In	4.29	5.0±1.0 [6]		<sup>114m1</sup> In	49.51 х.	190.3	15.56			<sup>115m</sup> Cd <sup>59</sup> Fe <sup>116</sup> In <sup>41</sup> Ar	44.6 х. 44.5 х. 14.1 с. 1.83 ц.	1290.6 (0.89) 1291.6 (43.2) 1293.5 (1.30) 1293.6 (99.2)
	<sup>115</sup> In	95.71	81.3±8.0 [6]		<sup>116m1</sup> In	54.29 МИН.	416.9 818.7 1097.3 1293.6 1507.6	27.2 12.13 58.5 84.8 9.92	7.08E-12	8.0E-10			
Sn	<sup>112</sup> Sn	0.97	0.71±0.10 [6]		<sup>113g</sup> Sn	115.09 х.	391.7	64.97	1.98E-08	3.0E-05	<sup>188</sup> Re <sup>149</sup> Nd <sup>117m</sup> Sn <sup>135</sup> Xe	16.8 ц. 1.73 ц. 13.6 х. 9.08 ц.	155.0 (14.9) 155.9 (5.93) 156.0 (0.65) 158.2 (0.29)
	<sup>116</sup> Sn	14.54	0.006±0.002	0.49±0.10	<sup>117m</sup> Sn	14 х.	158.6	86.4	1.93E-09	7.0E-07	<sup>199m</sup> Hg <sup>123m</sup> Te <sup>123m</sup> Sn <sup>153</sup> Ba	42.6 МИН. 120 х. 40.06МИН. 10.5 ж.	158.4 (52.5) 159.0 (84.1) 160.3 (85.7) 160.6 (0.64)
	<sup>122</sup> Sn	4.63	0.001±0.001		<sup>123m</sup> Sn	40.06 МИН.	160.3	85.7					
	<sup>124</sup> Sn	5.79	0.004±0.002 0.130±0.005	0.032 [6] 8.5±0.8 [6]	<sup>125g</sup> Sn <sup>125m</sup> Sn	9.64 х. 9.52 МИН.	1067.1 331.9	10 97.3					
Sb	<sup>121</sup> Sb	57.21	5.84±0.20	189±15	<sup>122g</sup> Sb	2.7238 х.	564.2	70.68	4.44E-11	6.0E-10	<sup>194m</sup> Ir <sup>152m1</sup> Eu <sup>76</sup> As <sup>134</sup> Cs <sup>117m</sup> Cd <sup>163</sup> Dy <sup>97</sup> Zr <sup>192</sup> Ir	171 х. 9.32 ц. 1.10 х. 2.06 ж. 3.36 ц. 2.33 ц 171 х. 17 ц. 73.8 х.	562.4; 600.5 (69.9; 62.3) 562.9 (0.22) 563.2 (1.20) 563.2 (8.38) 564.4 (14.7) 565.7 (0.13) 602.4 (1.39) 604.4 (8.09)
	<sup>123</sup> Sb	42.79	4.1±0.1		<sup>124g</sup> Sb	60.20 х.	602.7 645.9 722.8 1691	97.8 7.42 10.76 47.57	6.81E-11	3.0E-09			
Te	<sup>130</sup> Te	34.08	0.27±0.06	0.446 [6]	<sup>131g</sup> Te	25 МИН.	149.7 452.3 492.7 602	68.8 18.20 4.83 4.19	7.39E-10	1.0E-07	<sup>182m</sup> Ta <sup>177m</sup> Lu <sup>177</sup> Yb <sup>111m</sup> Cd <sup>85m</sup> Kr <sup>85m</sup> Sr	15.8 МИН. 161 х. 1.90 ц. 48.7 МИН. 4.48 ц. 1.13 ц.	146.8 (35.6) 147.2 (3.45) 150.4 (20) 150.8 (30.3) 151.2 (76.1) 151.2 (12.8)
I	<sup>127</sup> I	100	6.15±0.06	162±8 148±5 [6]	<sup>128</sup> I	24.99 МИН.	442.9	12.61	1.12E-10	2.0E-08	<sup>23</sup> Ne <sup>147</sup> Nd <sup>233</sup> Th <sup>180m</sup> Hf <sup>103</sup> Ru <sup>152</sup> Eu	37 с. 11 х. 22.3 МИН. 5.50 ц. 39.4 х. 13.6 ж.	439.9 (32.9) 439.9 (1.20) 441.0 (0.23) 443.1 (82.1) 443.8 (0.32) 444.0 (3.16)
Cs	<sup>133</sup> Cs	100	26.5±1.5 [6]	407±24 [6]	<sup>134g</sup> Cs	2.0652 ж.	563.3 569.3 604.7 795.9 802	8.34 15.37 97.62 85.46 8.69	3.16E-11	3.0E-09	<sup>124</sup> Sb <sup>192</sup> Ir <sup>79</sup> Kr	60.2 х. 73.8 х. 1.46 х.	602.7 (97.8) 604.4 (8.09) 606.1 (8.11)
			2.5±0.2 [6]	30±6 [6]	<sup>134m</sup> Cs	2.89 ц.							
Ba	<sup>130</sup> Ba	0.106	8.8±0.9		<sup>131g</sup> Ba	11.5 х.	123.8 216.1 373.3 496.3	29.8 20.4 14.4 48	2.65E-08	3.0E-07	<sup>199</sup> Pt <sup>103</sup> Ru	30.8 МИН. 39.4 х.	493.8 (5.73) 497.1 (89.5)
La	<sup>139</sup> La	99.9112	9.21±0.04	12.1±0.6	<sup>140</sup> La	1.67855 х.	328.8 487 815.8 1596.2	20.3 45.5 23.28 95.40	3.5E-11	6.0E-10	<sup>154</sup> Eu <sup>72</sup> Ga	8.8 ж. 14.1 ц.	1596.6 (1.83) 1596.7 (4.24)
Ce	<sup>140</sup> Ce	88.45	0.51±0.02	0.55±0.05 0.48±0.04 [6]	<sup>141</sup> Ce	32.511 х.	145.4	48.4	1.43E-10	4.0E-09	<sup>59</sup> Fe <sup>175</sup> Yb <sup>127</sup> Xe <sup>179m2</sup> Hf	44.5 х. 4.19 х. 36.4 х. 25.1 х.	142.6 (1.02) 144.9 (0.33) 145.3 (4.26) 146.1 (26.9)
Nd	<sup>146</sup> Nd	17.189	1.49±0.06	2.57±0.14	<sup>147</sup> Nd	10.98 х.	91.1 531	28.1 13.4	3.42E-09	5.0E-08	<sup>47</sup> Ca	4.54 х.	530.4 (0.10)
Sm	<sup>152</sup> Sm	26.75	206±3	2978±100	<sup>153</sup> Sm	1.94 х.	103.2	29.25	1.75E-12	3.0E-11	<sup>182</sup> Ta <sup>154m</sup> Eu <sup>131m</sup> Te <sup>161</sup> Gd <sup>81m</sup> Se <sup>153</sup> Gd <sup>155</sup> Sm	115 х. 45.8 МИН. 1.25 х. 3.66 МИН. 57.3 МИН. 242 х. 22.1 МИН.	100.1 (14.2) 100.9 (25.2) 102.1 (7.93) 102.3 (13.9) 103.0 (9.79) 103.2 (19.6) 104.3 (75.1)

Eu	<sup>151</sup> Eu	47.81	3211±82	1823±146	<sup>152m1</sup> Eu	9.3 ц.	122 344 842 963 1389	26 3 52 43 3	4.04E-14	2.0E-09	<sup>75</sup> Se <sup>177m</sup> Lu <sup>186</sup> Re <sup>179m2</sup> Hf <sup>154</sup> Eu <sup>49</sup> Ca	120 х. 161 х. 3.78 х. 25.1 х. 8.8 ж. 8.72 мин.	121.1 (17.6) 121.6 (5.87) 122.3 (0.72) 122.8 (27.6) 123.1 (40.5) 1408.9 (0.63)
			5935±73	3552±264	<sup>152g</sup> Eu	13.517 ж.	121.8 244.7 344.3 778.9 964.1 1085.8 1112.1 1408	28.53 7.55 26.59 12.93 14.51 10.11 13.67 20.87					
Tb	<sup>159</sup> Tb	100	23.8±0.3	430±20	<sup>160</sup> Tb	72.3 х.	86.8 298.6 879.4 966.2 1178	13.2 26.1 30.1 25.1 14.9	8.23E-12	6.0E-10	<sup>153</sup> Sm <sup>153</sup> Gd <sup>170</sup> Tm <sup>233</sup> Th <sup>176m</sup> Lu	1.94 х. 242 х. 129 х. 22.3 мин. 3.68 ц.	83.4 (0.22) 83.4 (0.19) 84.2 (3.25) 86.5 (2.70) 88.3 (8.76)
Dy	<sup>164</sup> Dy	28.26	1000±150 [6]		<sup>165g</sup> Dy	2.334 ц.	94.7 279.8 361.7	3.8 0.53 0.9	9.96E-13	1.0E-09	<sup>147</sup> Nd <sup>188m</sup> Re <sup>107</sup> Cd <sup>180m</sup> Hf <sup>169</sup> Yb <sup>185m</sup> W <sup>233</sup> Th <sup>79m</sup> Se <sup>191</sup> Pt <sup>75</sup> Se	11.0 х. 18.6 мин. 6.49 ц. 5.50 ц. 32.0 х. 1.67 мин. 22.3 мин. 3.91 мин. 2.90 х. 120 х.	91.1 (27.9) 92.5 (5.45) 93.1 (4.68) 93.3 (17.2) 93.6 (2.66) 94.6 (0.11) 94.7 (0.80) 95.5 (9.50) 96.5 (3.25) 96.7 (3.49)
Yb	<sup>174</sup> Yb	32.026	19±6		<sup>175g</sup> Yb	4.185 х.	113.8 282.5 396.3	3.87 6.13 13.1	4.0E-11	9.0E-10	<sup>103</sup> Ru <sup>137</sup> Xe <sup>79</sup> Kr <sup>147</sup> Nd <sup>71</sup> Zn	4.44 ц. 3.82 мин. 1.46 х. 11.0 х. 2.45 мин.	393.4 (3.86) 393.4 (0.14) 397.5 (9.33) 398.2 (0.87) 398.6 (0.61)
Lu	<sup>176</sup> Lu	2.599	1778±75		<sup>177g</sup> Lu	6.647 х.	113 208.4	6.17 10.36	1.13E-11	1.0E-10	<sup>192</sup> Ir <sup>177m</sup> Lu <sup>79</sup> Kr <sup>129</sup> Te <sup>171</sup> Er <sup>77</sup> Ge	73.8 х. 161 х. 1.46 х. 1.16 ц. 7.52 ц. 11.3 ц.	205.8 (3.16) 208.4 (59.4) 208.5 (0.77) 209.0 (0.18) 210.6 (0.64) 211.0 (29.2)
Hf	<sup>180</sup> Hf	35.08	13.04±0.07	32±1	<sup>181</sup> Hf	42.39 х.	133 136.3 345.9 482.2	43.3 5.85 15.12 80.5	3.58E-11	1.0E-09	<sup>90m</sup> Y <sup>187</sup> W <sup>194m</sup> Ir <sup>115</sup> Cd <sup>192</sup> Ir	3.19 ц. 23.9 ц. 171 х. 44.6 х. 73.8 х.	479.5 (90.7) 479.6 (21.1) 482.9 (96.9) 484.5 (0.29) 484.6 (3.12)
Ta	<sup>181</sup> Ta	99.988	21.5±0.6 [6]	717±2 [6]	<sup>182g</sup> Ta	114.74 х.	67.8 100.1 152.4 222.1 1121.3 1189 1221.4 1231	42.9 14.2 7.02 7.57 35.24 16.49 27.23 11.62	2.63E-12	2.0E-10	<sup>121</sup> Te <sup>185m</sup> W <sup>75</sup> Se <sup>75</sup> Se <sup>154m</sup> Eu <sup>153</sup> Sm <sup>153</sup> Gd	16.8 х. 1.67 мин. 1.38 ц. 120 х. 45.8 мин. 1.94 х. 242 х.	65.5 (0.26) 65.9 (5.82) 66.1 (0.19) 66.1 (1.13) 68.2 (37.0) 69.7 (5.25) 69.7 (2.32)
W	<sup>186</sup> W	28.43	38.1±0.5	480±15	<sup>187</sup> W	24 ц.	72 134.3 479.5 551.6 618.4 685.8 772.9	13.55 10.36 26.6 6.14 7.57 33.2 5.02	5.2E-11	9.0E-10	<sup>90m</sup> Y <sup>93m</sup> Mo <sup>147</sup> Nd <sup>206m</sup> Tl <sup>110m</sup> Ag <sup>194m</sup> Ir	3.19 ц. 6.85 ц. 11.0 х. 3.75 мин. 250 х. 171 х.	682.0 (0.36) 684.7 (99.7) 685.9 (0.81) 686.5 (79.3) 687.0 (6.43) 687.8 (59.1)
Re	<sup>185</sup> Re	37.4	112±2	1739±50	<sup>186</sup> Re	3.7183 х.	137.2	9.47	1.12E-11	1.0E-10	<sup>187</sup> W <sup>193m</sup> Pt <sup>75</sup> Se <sup>79</sup> Kr <sup>181</sup> Hf <sup>154m</sup> Eu	23.9 ц. 4.33 х. 120 х. 1.46 х. 42.4 х. 45.8 мин.	134.2 (8.56) 135.5 (0.11) 136.0 (59.6) 136.1 (0.85) 136.3 (5.80) 136.8 (0.11)
	<sup>187</sup> Re	62.6	1.6±0.3	296.2±10.0 [6]	<sup>188g</sup> Re	17 ц.	155	15.61				<sup>175</sup> Yb <sup>116m1</sup> In <sup>177</sup> Yb <sup>193</sup> Os <sup>149</sup> Nd <sup>117m</sup> Sn <sup>135</sup> Xe	4.19 х. 54.2 мин. 1.90 ц. 1.31 х. 1.73 ц. 13.6 х. 9.08 ц.

Os	<sup>190</sup> Os	26.26	3.9±0.8 [6]	31.7±2.5 [6]	<sup>191s</sup> Os	15.4 х.	<b>129.4</b>	<b>26.5</b>	4.74E-11	3.0E-09	<sup>191</sup> Pt <sup>195</sup> Pt <sup>169</sup> Yb <sup>97</sup> Ru	2.90 х. 4.02 х. 32 х. 2.89 х.	129.4 (3.17) 129.7 (2.83) 130.5 (11.1) 460.6 (0.12)
	<sup>192</sup> Os	40.78	3.12±0.16 1.97±0.11 [6]	7.45±0.04 5.4±1.3 [6]	<sup>193</sup> Os	29.83 х.	<b>460.5</b>	<b>3.88</b>	2.73E-09	6.0E-08			
Ir	<sup>191</sup> Ir	37.3	624±20 [6]	3535±250 [6]	<sup>192g</sup> Ir	73.829 х.	296	28.71	1.0E-12	3.0E-11	<sup>179m2</sup> Hf <sup>105</sup> Ru <sup>175</sup> Hf <sup>177m</sup> Lu <sup>147</sup> Nd	25.1 х.	316.0 (20.2)
							308.5 <b>316.5</b> 468.1	29.70 <b>82.86</b> 47.84				4.44 ц. 70 х. 161 х. 11 х.	316.4 (10.9) 318.9 (0.17) 319.0 (10.4) 319.4 (1.95)
Au	<sup>197</sup> Au	100	98.65±0.09	1550±28	<sup>198</sup> Au	2.69 х.	<b>411.8</b>	<b>95.62</b>	1.33E-12	2.0E-11	<sup>135</sup> Xe <sup>191</sup> Pt <sup>179m2</sup> Hf <sup>105</sup> Ru <sup>111m</sup> Pd <sup>177m</sup> Lu	9.08 ц. 2.90 х. 25.1 х. 4.44 ц. 5.50 ц. 161 х.	408.0 (0.36) 409.4 (7.92) 409.8 (21.4) 413.5 (2.29) 413.5 (1.75) 413.7 (17.4)
Hg	<sup>202</sup> Hg	29.86	4.91±0.05	4.2±0.2	<sup>203</sup> Hg	46.594 х.	<b>279.2</b>	<b>81.56</b>	7.68E-11	3.0E-09	<sup>133</sup> Ba <sup>133m</sup> Ba <sup>171</sup> Er <sup>129</sup> Te <sup>75</sup> Se <sup>165</sup> Dy <sup>193</sup> Os	10.5 ж. 1.62 х. 7.52 ц. 1.16 ц. 120 х. 2.33 ц. 1.31 х.	276.4 (7.17) 276.4 (17.5) 277.4 (0.58) 278.4 (0.57) 279.5 (25.3) 279.8 (0.50) 280.4 (1.24)
Th	<sup>232</sup> Th	100	7.35±0.03	83.3±1.5	<sup>233</sup> Th→ <sup>233</sup> Pa	26.975 х.	<b>311.9</b>	<b>38.5</b>	4.1E-11		<sup>169</sup> Yb <sup>171</sup> Er <sup>192</sup> Ir <sup>42</sup> K	32 х. 7.52 ц. 73.8 х. 12.4 ц.	307.7 (10.8) 308.3 (64.4) 308.4 (29.7) 312.7 (0.32)
U	<sup>238</sup> U	99.2742	2.68±0.01	277±3	<sup>239</sup> U→ <sup>239</sup> Np	2.356 х.	106.1	25.34	6.76E-11 3.15E-10		<sup>153</sup> Sm <sup>153</sup> Gd <sup>155</sup> Sm <sup>129m</sup> Te <sup>188m</sup> Re <sup>193</sup> Os <sup>97</sup> Ru <sup>83</sup> Se <sup>159</sup> Gd <sup>182</sup> Ta <sup>175</sup> Hf <sup>115</sup> Cd	242 х. 22.1 мин. 33.6 х. 18.6 мин. 1.31 х. 2.89 х. 22.5 мин. 18.6 ц. 115 х. 70 х. 2.23 х.	103.2 (28.3) 103.2 (19.6) 104.3 (75.1) 105.5 (0.15) 105.9 (11.4) 107.0 (0.63) 108.8 (0.11) 225.2 (29.5) 226.0 (0.22) 229.3 (3.6) 229.6 (0.7) 231.4 (0.74)
							<b>228.2</b> 277.6	<b>10.73</b> 14.5					

\*Гол аналитик гамма шугамын энергийн утгыг тодруулж харуулав.

#### IV. ДҮГНЭЛТ

- НИШ-нд ашиглагдах томьёонуудын физик үндсийг товч тайлбарлав.
- $10^{13}$  н·см<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup> орчим дулааны нейтроны урсгалтай бага чадлын судалгааны реактор дээр НИШ-гээр тодорхойлж болох химийн элементүүдийн жагсаалт, идэвхжилийн шинжилгээ хийх цөмийн өгөгдлүүдийг нэгтгэн товчоолов.
- НИШ-гээр тодорхойлогдох химийн элементийн илрүүлэх хамгийн бага хязгаарыг 2 арга ашиглан тооцоолов.
- Цаашид реакторын хурдан ба резонансын энергийн нейтроноор шинжлэх элементүүд, тэдгээрийг тодорхойлох аргагүй, шинжилгээнд радиохимийн ялгалтыг хэрэглэх тухай нэмж судлах нь зүйтэй.

#### НОМ ЗҮЙ

- [1] Статистикийн мэдээллийн нэгдсэн сан, www.1212.mn.
- [2] H.J.M.Bowen, D.Gibbons, Radioactivation Analysis, Oxford, Clarendon Press, 1963.
- [3] R.R.Greenberg *et. al.*, *Spectrochimica Acta Part B*, 66, 2011, pp.193-241.
- [4] В.И.Гутько, Активационный анализ, курс лекций, 2008, Минск.
- [5] Nuclear Data Services, IAEA, <https://www-nds.iaea.org/>.
- [6] Technical Reports Series №273, Handbook on Nuclear Activation Data, IAEA, Vienna, 1987.
- [7] IAEA-TECDOC-1215, Use of Research Reactors for Neutron Activation Analysis, IAEA, Vienna, 2001.