



Ա. Ալիխանյանի անվան
Ազգային Գիտական Լաբորատորիա

ՆՄՈՒՇՆԵՐԻ ԳԱՄՄԱ-ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ

ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ և ՆԵՅՏՐՈՆԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎԱՑՄԱՆ

ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԻ

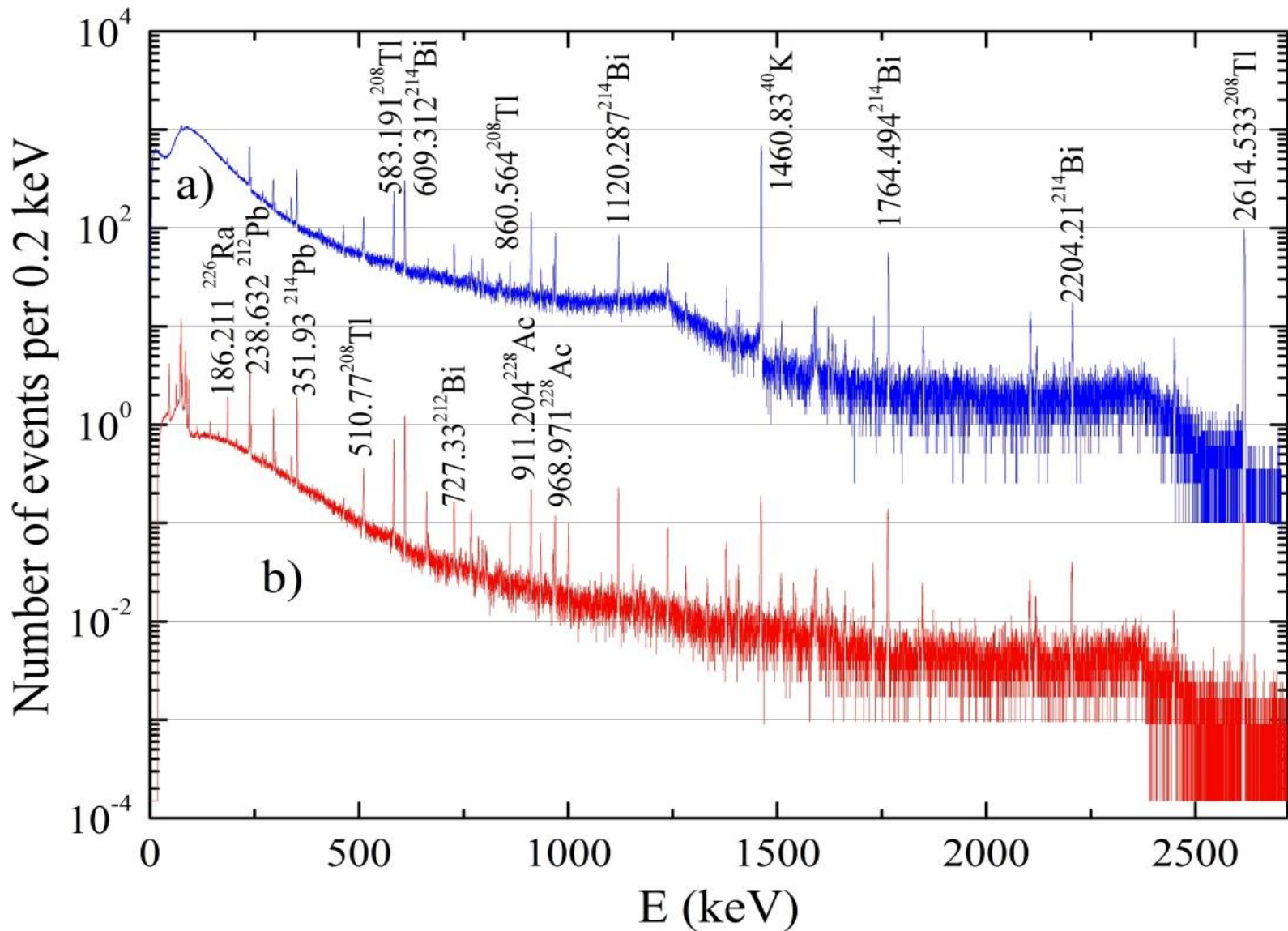
ՀԱՄԵՄԱՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

**Շրջակա միջավայրում և
հանքարդյունաբերությունում ծանր մետաղների
քանակական որոշման նոր տեխնոլոգիա**

Ա. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Ս. ԱՄԻՐԽԱՆՅԱՆ, Հ. ԳՈՒԼՔԱՆՅԱՆ, Տ.ՔՈԹԱՆՁՅԱՆ, Ս.
ԼԵՎՈՆՅԱՆ, Վ. ՊՈՂՈՍՈՎ, Լ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Ա. ՍԱՀԱԿՈՎ, Ա. ՇԱՀԻՆՅԱՆ

Նախագծի հիմնական նպատակը և իրականացման եղանակը

- Կիրառելով գամմա-ակտիվացման և պրոտոնային ակտիվացման վերլուծության մեթոդները, մշակել զգայուն տեխնոլոգիա՝ բնապահպանական և հանքարդյունաբերական նշանակություն ունեցող տարածքներից վերցրած նմուշներում ծանր մետաղների պարունակության որոշման համար:
- Օգտագործվել են ԱԱԳԼ-ի էլեկտրոնների գծային արագացուցչի միջոցով ստացվող արգելակման ֆոտոնների փնջերը և C-18 ցիկլոտրոնի պրոտոնային փունջը, ինչպես նաև ճառագայթված նմուշների գամմա-սպեկտրաչափության համար անհրաժեշտ ցածր ֆոնային պայմանները, որոնք ապահովվում են ԱԱԳԼ-ի ստորգետնյա լաբորատորիայում:



Նկար.1 Մեկ ժամի կտրվածքով դետեկտորում գրանցված ֆոնային դեպքերի թիվը՝ (a) -վերգետնյա պայմաններում, (b) - ԱԱԳԼ-ի ստորգետնյա լաբորատորիայում, կապարի պաշտպանիչ շերտով

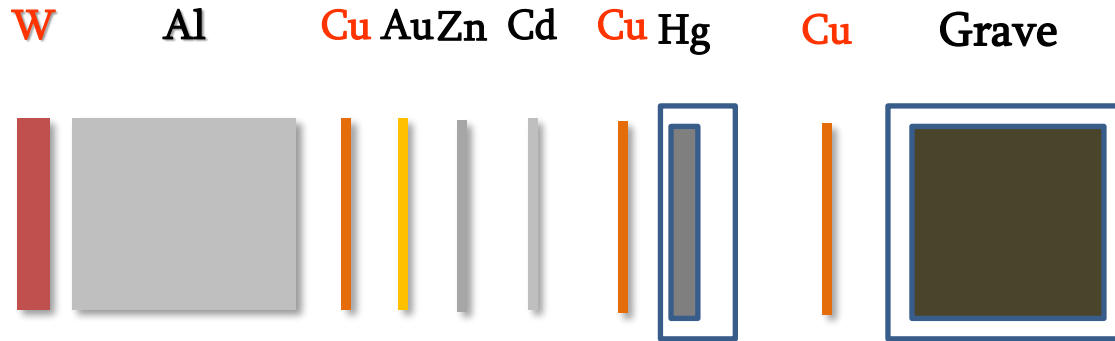
Առաջարկված գամմա-ակտիվացման (ԳԱՎ) և պրոտոնային ակտիվացման վերլուծության (ՊԱՎ) մետոդների առավելությունները

- 1. Գամմա-սպեկտրաչափական վերլուծությունն իրագործվել է **HPGe** հիման վրա գործող գիտասարքի միջոցով, որը տեղադրված է ԱԱԳԼ-ի ստորգետնյա ցածրֆոնային լաբորատորիայում:
- 2. Գիտասարքը ապահովում է բարձր լուծողականություն և պաշտպանված է կապարի և պղնձի պաշտպանիչ շերտերով:
- 3. Ճառագայթման արդյունքում առաջացող դուստ-միջուկների բետա-տրոհումներն ուղեկցող բնորոշ գամմա-քվանտների էներգիաները սփռված են լայն տիրույթում (**80 կէՎ – 3000կէՎ**)
- 4. Ծանր մետաղների և հետաքրքրություն ներկայացնող այլ տարրերի մայր-իզոտոպներից առաջացած ռադիոակտիվ դուստ-միջուկների զգալի մասն ունի հարմար և միաժամանակ տարբեր $T_{1/2}$ կիսատրոհման պարբերություններ:
- 5. Հետազոտվող տարրը ունենում է իզոտոպներ և համապատասխանաբար առաջանում են մի քանի ռադիոակտիվ դուստր-միջուկներ՝ տարբեր (**γ, n**), (**γ, p**) ռեակցիաների միջոցով:
- 6. Նմուշները չեն պահանջում նախնական մշակում:
- 7. **ԳԱՎ** և **ՊԱՎ** լրացնում են իրար

Աշխատանքի նպատակն է մեր կողմից մշակված մեթոդի գործնական կիրառումը , թեստավորումը և համեմատությունը այլ մեթոդների հետ

- ԱԱԳԼ-ի էլեկտրոնային գծային արագացուցչի (LINAC) և C-18 պրոտոնային ցիկլոտրոնի վրա նախատեսված գիտափորձերի անցկացման նպատակով ձեռք են բերվել
- Բնապահպանական և հանքարդյունաբերական նշանակություն ունեցող **Ամուլսարի, Ախթալայի և Քաջարանի** մերձակա տարածքներից հողի նմուշներ
- Հայտնի բաղադրությամբ համաձուլվածքներից (**hastelloy**) և միատարր նյութերից պատրաստված (այդ թվում՝ Al, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Nb, Mo, Ag, Cd, Sb, Tb, Tm, Yb, Lu, Hf, Au, Hg, Pb) թիրախներ
- Երկրաբանական նմուշներ (**օբսիդիան, գրանիտ**)

Արգելական ֆոտոններով թիրախային համակարգի ճառագայթման սխեման



Էլեկտրոնների նախնական էներգիան՝ $E_e = 21.5$ ՄէՎ

Էլեկտրոնների փնջի հոսանքը՝ $I_e = 0.55$ մկԱ

Ճառագայթման ժամանակը՝ 1 ժամ 35 րոպե

W – 20 x 20 մմ d=2 մմ վոլֆրամի ուղիատոր

Al - D=20 մմ, l = 20 մմ ալյումինե կլանիչ

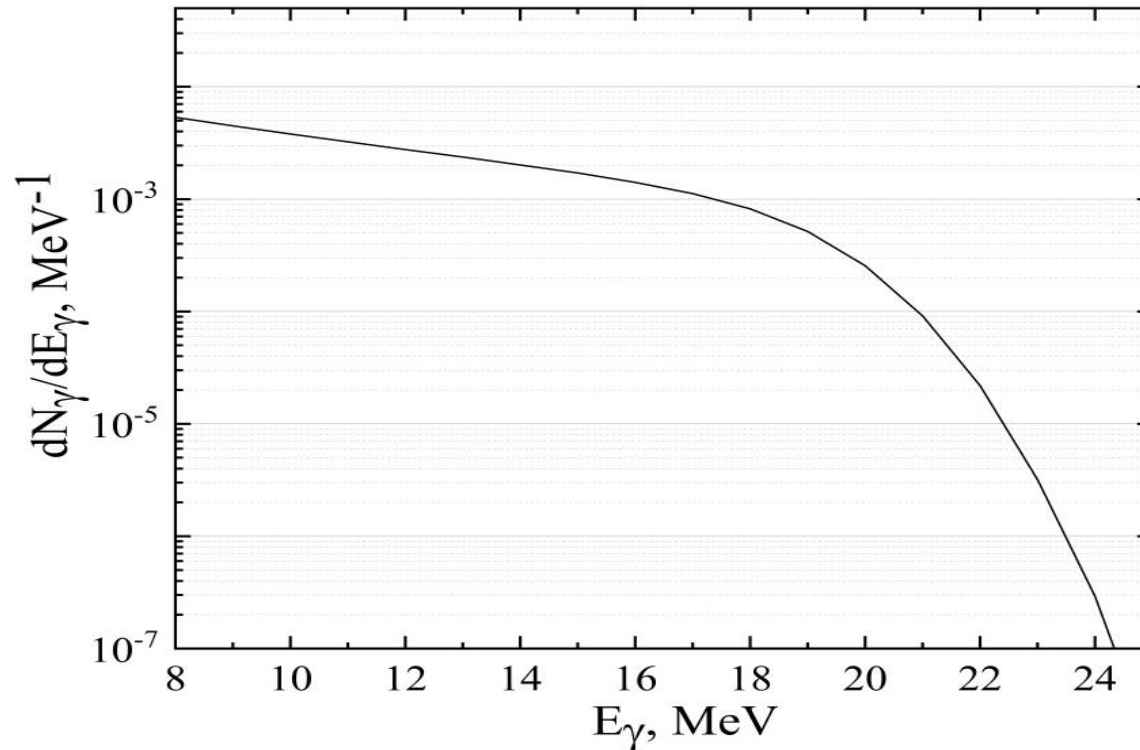
Cu - d=50 մկմ մոնիտոր

Grave – Ամուլսարի տարածքից հողի նմուշ

Au, Zn, Cd, Pb, Nb, Ti, V – միատարր թիրախներ

Hg – $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ – սնդիկի նիտրատ

Կիրառելով **GEANT4** ծրագրային փաթեթը, հաշվարկվել է արգելակային ֆոտոնների սպեկտրը



- Նկար 2. Պղնձի թիրախի վրա ընկնող արգելակային ֆոտոնների սպեկտրը (մեկ սկզբնական էլեկտրոնի հաշվարկով):

Ճառագայթված թիրախների գամմա-սպեկտրաչափական վերլուծությունն իրագործվել է **HPGe GCD-20180** դետեկտորի հիման վրա գործող գիտասարքի միջոցով, որը տեղադրված է **Ավանի աղի հանքի ստորգետնյա լաբորատորիայում:**

- Վերլուծության արդյունքում հաշվարկվում է ռադիոիզոտոպի **Y** ելքը (Ճառագայթման արդյունքում մեկ վարկյանում առաջացած տվյալ ռադիոիզոտոպի միջուկների թիվը)

$$Y = \frac{S \times (t_R / t_L) \times \lambda}{I_\gamma \times \varepsilon_\gamma \times (1 - e^{-\lambda t_e}) \times e^{-\lambda t_c} \times (1 - e^{-\lambda t_R})}$$

- S – գրանցված դեպքերի թիվը ֆոտոպիկում,
- I_γ – ռադիոիզոտոպի γ -զծի հարաբերական ինտենսիվությունը
- ε_γ – γ -քվանտի գրանցման էֆեկտիվությունը,
- λ – տվյալ ռադիոիզոտոպի տրոհման հաստատունը,
- t_e – Ճառագայթման տևողությունը,
- t_c – սառեցման տևողությունը
- t_R, t_L - մեռյալ ժամանակը բնութագրող ընդհանուր և օգտակար չափման տևողությունը

$^{65}\text{Cu}(\gamma, n)^{64}\text{Cu}$ մոնիտորային ռեակցիայի ելքը՝ Y_m ($E_\gamma=1345.77$ կէՎ):
 Առկա են մոնիտորային ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիայի $\sigma_m(E_\gamma)$
 փորձարարական տվյալներ E_γ էներգիայի ամբողջ հետաքրքրող
 տիրույթում

$$Y_m = I_e \times v_m \times \sigma_{m,W}$$

- Որտեղ $\sigma_{m,W}$ - մոնիտորային թիրախի վրա ընկնող արգելակային ֆոտոնների $W_m(E_\gamma, E_e)$ սպեկտրով կշռավորված կտրվածքն է,
- I_e - էլեկտրոնների փնջի միջին հոսանքն է

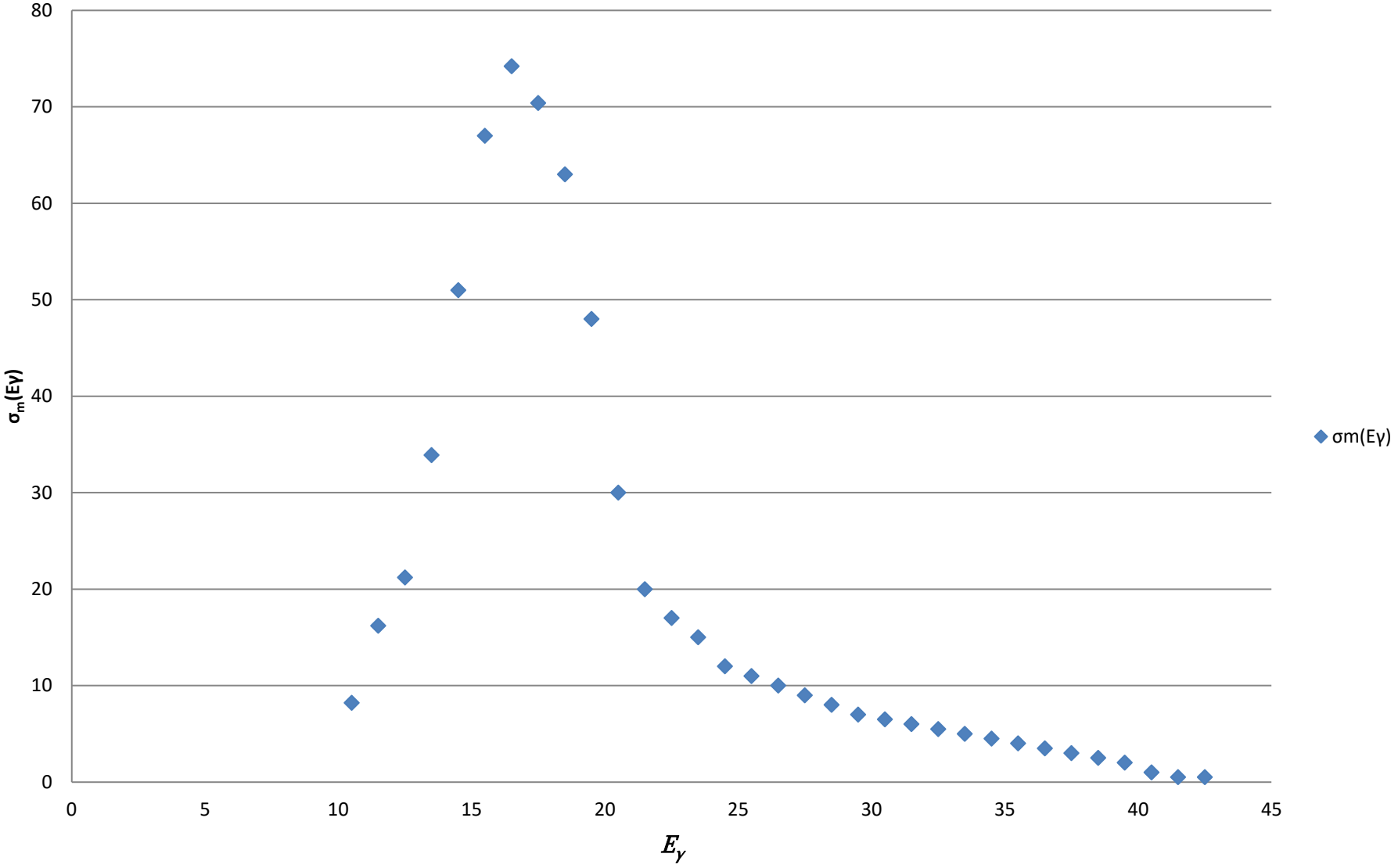
$$\sigma_{m,W} = \int \sigma_m(E_\gamma) \times W_m(E_\gamma, E_e) dE_\gamma$$

- v_m - թիրախի միջուկների մակերևույթային խտությունը սմ⁻²

$$v_m = \frac{f_m \times M_m \times N_A}{S_m \times A_m}$$

N_A - Ավոգադրոյի հաստատունը, A_m - ատոմային զանգվածը

$^{65}\text{Cu}(\gamma,n)^{64}\text{Cu}$ մոնիտորային ռեակցիայի գրգռման ֆունկցիան $\sigma_m(E_\gamma)$



Հաշվարկելով հետազոտվող ռեակցիայի Y ելքը՝ ստանում ենք տվյալ ռեակցիայի σ_w կշռավորված կտրվածքը և միջինացված $\langle \sigma \rangle$ կտրվածքը

$$\sigma_w = Y / (I_e \cdot v)$$

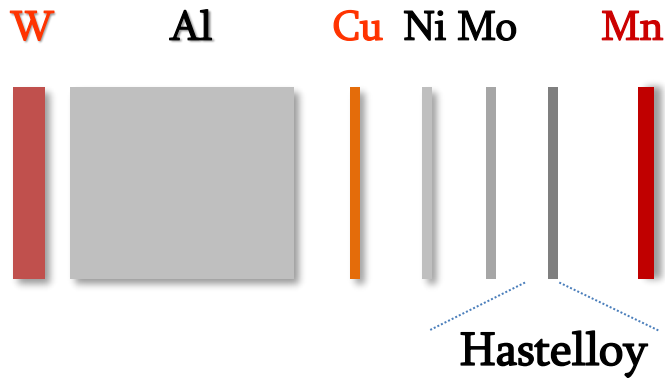
$$\langle \sigma \rangle = \sigma_w / w \quad - \text{միջինացված կտրվածքը}$$

$$\langle \sigma \rangle = \int \sigma(E_\gamma) \cdot W(E_\gamma, E_e) \cdot dE_\gamma / \int W(E_\gamma, E_e) \cdot dE_\gamma$$

Աղյուսակ 1. Հետազոտված հողի նմուշում տարրերի տարածվածությունը՝ համեմատած առկա տվյալների հետ:

Տարր	(γ, n) ռեակցիան	Տարրի տարածվածությունը հետազոտված հողի նմուշում՝ ըստ զանգվածի %	Տարրի տարածվածությունը Երկրագնդի կեղևում՝ ըստ զանգվածի %
U	$^{238}\text{U}(\gamma, n)^{237}\text{U}$	$(1.53 \pm 0.54) \text{ E-4}$	$(1.8 \div 2.7) \text{ E-4}$
Ce	$^{140}\text{Ce}(\gamma, n)^{139}\text{Ce}$	$(5.80 \pm 0.67) \text{ E-3}$	$(6.0 \div 6.8) \text{ E-3}$
Cs	$^{133}\text{Cs}(\gamma, n)^{132}\text{Cs}$	$(3.64 \pm 0.31) \text{ E-4}$	$(1.9 \div 3.0) \text{ E-4}$
Sr	$^{86}\text{Sr}(\gamma, n)^{85}\text{Sr}$	$(4.20 \pm 0.55) \text{ E-2}$	$(3.6 \div 3.7) \text{ E-2}$
As	$^{75}\text{As}(\gamma, n)^{74}\text{As}$	$(12.75 \pm 0.68) \text{ E-4}$	$(1.5 \div 2.1) \text{ E-4}$
Ca	$^{48}\text{Ca}(\gamma, n)^{47}\text{Ca}$	3.89 ± 0.78	$3.63 \div 5.00$

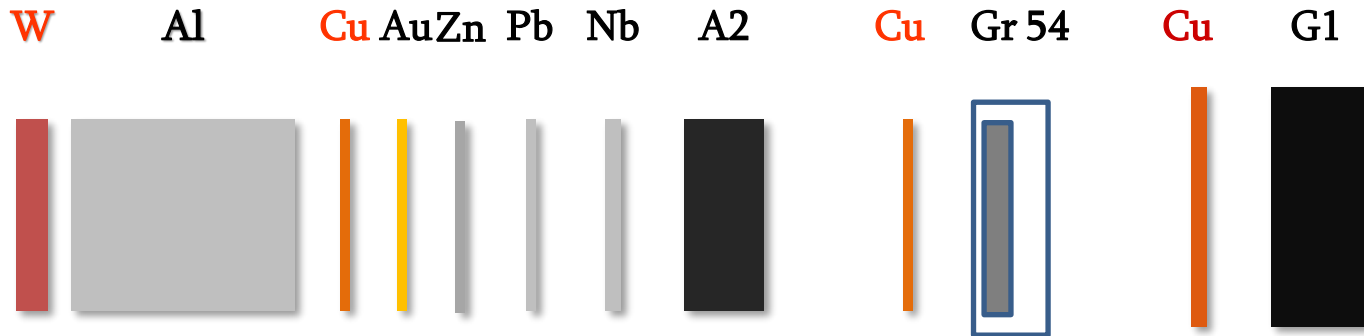
Գամմա-ակտիվացման վերլուծության մեթոդի տեսավորման համար օգտագործվել է ЛУЭ-70-ում արագացված $E_e = 21.5$ ՄէՎ էներգիայով էլեկտրոններից առաջացած արգելակային ֆոտոնների փունջը



$$\frac{M}{M_R} = \frac{Y \times S \times \sigma_{R,W}}{Y_R \times S_R \times \sigma_W}$$

$$\frac{\sigma_{R,W}}{\sigma_W} \approx \frac{\int W_R(E_\gamma, E_e) dE_\gamma}{\int W(E_\gamma, E_e) dE_\gamma}$$

- W – d=2mm վոլֆրամի ռադիատոր
- Al - D=20 mm, l = 20 mm այրումիսե կլանիչ
- հաստելոյ (hastelloy) համաձուլվածքի բաղադրությունը՝
- Ni (59.74%), Mo (19.54%), Fe (20.38%), Mn (0.34%)
- սպեկտրաչափական վերլուծության արդյունքում համաձուլվածքում տարրերի չափված բաղադրության համար ստացվել են
- Ni (59.63±1.36)%, Mo (20.23±0.54)%, Mn (0.39±0.02)%



Էլեկտրոնների նախնական էներգիան՝ $E_e = 20.8$ ՄէՎ

Էլեկտրոնների փնջի հոսանքը՝ $I_e = 0.55$ մկԱ

Ճառագայթման տևողությունը՝ 1.5 ժամ

W – 20 x 20 մմ d=2 մմ վոլֆրամի ռադիատոր

Al - D=20 մմ, l = 20 մմ այոււմինե կլանիչ

Cu – D=12 մմ, d=75 մկմ մոնիտոր

A2 - օբսիդիանի նմուշ D=12 մմ , d=3 մմ, m=0,72 գր

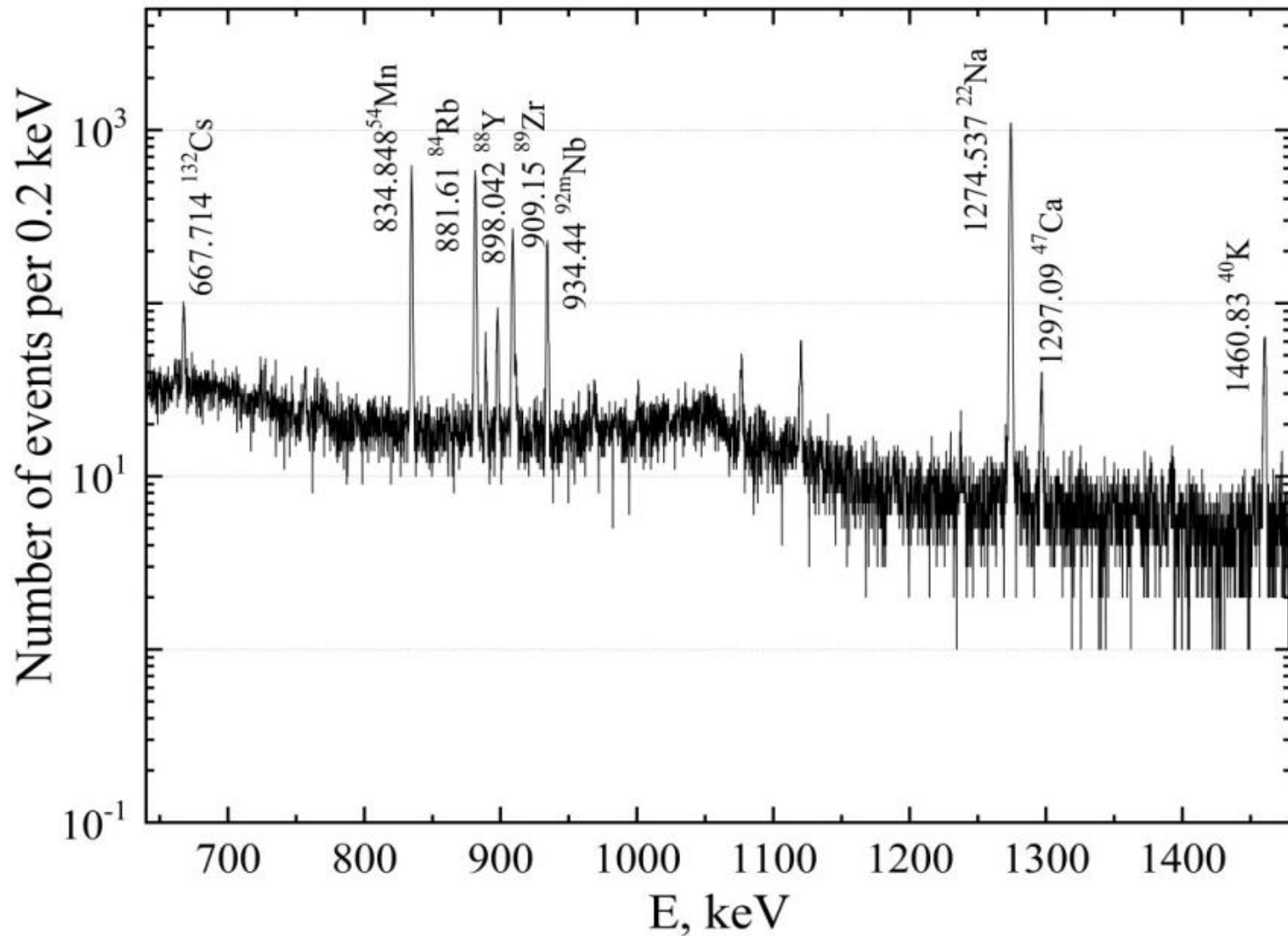
Gr 54 – գրանոդիորիտ D=12 մմ , d=1 մմ, m=0,22 գր

Cu – D=16 մմ, d=50 մկմ մոնիտոր

G1 - օբսիդիանի նմուշ D=16 մմ , d=4 մմ, m=1,705 գր

Գործիքային նեյտրոնային ակտիվացման վերլուծության (ԳՆԱՎ INAA) մեթոդ

- Օգտագործվում են միջուկային ռեակտորներից ստացված ցածր էներգիաների նեյտրոնների փնջերը, որոնցով ճառագայթվում են հետազոտվելիք նմուշները:
- Նեյտրոնների ճառագայթային կլանման (n, γ) ռեակցիաների շնորհիվ առաջանում են ռադիոակտիվ դուստր-միջուկներ, որոնց բետա-տրոհումներն ուղեկցվում են բնորոշ գամմա-քվանտների առաքումով:
- Եթե նախօրոք հայտնի են նեյտրոնների հոսքը և (n, γ) ռեակցիայի σ_w կտրվածքը, ապա չափելով թիրախում առաջացած ռադիոիզոտոպի էլքը՝ հնարավոր է որոշել թիրախում առկա մայր-իզոտոպի պարունակությունը:
- 12 ժամ տևողությամբ ճառագայթումն իրականացվել է Մայնցի համալսարանի **TRIGA** տիպի ռեակտորի վրա
- նեյտրոնների հոսքը – 10^{12} ն*սմ⁻²*վ⁻¹, նմուշի զանգվածը – 200 մգ
- ԻՆԱՎ-ը կատարվել է Մանհեյմի Արխեոմետրիայի կենտրոնում HPGe դետեկտորով : Սառեցման ժամանակը – 6 օր և 30 օր:



Նկար 4 A2 օբյեկտի համա-սպեկտրը $E_\gamma = 640 - 1480$ կէՎ, էներգիաների տիրույթում ^{22}Na , ^{47}Ca , ^{54}Mn , ^{84}Rb , ^{88}Y , ^{89}Zr , $^{92\text{m}}\text{Nb}$ և ^{132}Cs

Օբսիդիանի նմուշում հայտնաբերված տարրերի միջուկային տվյալները

Մայր-իզոտոպը և նրա տարածվածությունը	Դուստր-իզոտոպը և նրա կիսատրոհման պարբերությունը $T_{1/2}$	Գամմա – քվանթների էներգիան (կԷՎ)
^{23}Na (100%)	^{22}Na (2.602 տարի)	1274.5
^{48}Ca (0.187%)	^{47}Ca (4.536 օր)	1297.1
^{45}Sc (100%)	^{44}Sc (58.61 օր)	271.2
^{47}Ti (7.44%)	^{46}Sc (83.79 օր)	889.3
^{52}Cr (83.79%)	^{51}Cr (27.7 օր)	320.1
^{55}Mn (100%)	^{54}Mn (312.2 օր)	834.8
^{59}Co (100%)	^{58}Co (70.86 օր)	810.8
^{66}Zn (27.9%)	^{65}Zn (243.9 օր)	1115.5
^{75}As (100%)	^{74}As (17.77 օր)	595.8
^{85}Rb (72.2%)	^{84}Rb (32.82 օր)	881.6
^{88}Sr (27.8%)	$^{87\text{m}}\text{Sr}$ (2.815 ժամ)	388.5
^{89}Y (100%)	^{88}Y (106.6 օր)	898.0
^{90}Zr (51.5%)	^{89}Zr (78.41 ժամ)	909.2
^{93}Nb (100%)	$^{92\text{m}}\text{Nb}$ (10.15 օր)	934.4
^{100}Mo (9.63%)	^{99}Mo (65.98 ժամ)	140.5
^{123}Sb (42.8%)	^{122}Sb (2.72 օր)	564.2
^{133}Cs (100%)	^{132}Cs (6.479 օր)	667.7
^{134}Ba 2.42%	$^{133\text{m}}\text{Ba}$ (38.93 ժամ)	375.9
^{136}Ba 7.85%	$^{135\text{m}}\text{Ba}$ (28.7 ժամ)	268.2
^{142}Ce (11.114%)	^{141}Ce (32.5 օր)	145.4
^{204}Pb (1.4%)	^{203}Pb (51.92 ժամ)	279.2
^{232}Th (100%)	^{231}Th (25.57 ժամ)	84.2
^{238}U (99.27%)	^{237}U (6.75 օր)	208.0

ԳԱՎ մեթոդով օբսիդիանի նմուշում տարրերի բաղադրության գնահատում

- Ռադիոիզոտոպների նույնականացման հուսալիությունն ապահովվում է բազմակի չափումներով և կիսատրոհման պարբերության $T_{1/2}$ գնահատումով:
- Ելքերի Y հաշվարկ
- Եթե առկա են ռեպերային թիրախներ, ապա օբսիդիանի մեջ այդ տարրերի զանգվածի հաշվարկը կատարվում է՝

$$\frac{M}{M_R} = \frac{Y \times S \times \sigma_{R,W}}{Y_R \times S_R \times \sigma_W}$$

- Եթե ռեպերային թիրախներ առկա չեն, ապա՝ նախ օգտագործելով EXFOR –ից գրգռման ֆունկցիայի $\sigma(E_\gamma)$ փորձարարական տվյալները, հաշվարկվում է σ_W կշռավորված կտրվածքը, այնուհետև թիրախի զանգվածը

$$M = \frac{Y}{I_e \cdot \sigma_W} \times \frac{S \times A}{f \times N_A}$$

Աղյուսակ 2. Օբսիդիանի նմուշի զամմա-ակտիվացման վերլուծության և նեյտրոնային ակտիվացման վերլուծության արդյունքների համեմատությունը:

Քիմիական տարր	ԳԱՎ մեթոդով չափված տարրի հարաբերական պարունակությունը (մկգ/գ կամ %)	ՆԱՎ մեթոդով չափված տարրի հարաբերական պարունակությունը (մկգ/գ կամ %)
Na (%)	2.52±0.33	3.22
K (%)	3.79±0.35	3.40
Ca (%)	0.445± 0.043	Չի դիտարկվել
Fe (%)	0.58±0.06	0.61
Ti (%)	0.070±0.004	Չի դիտարկվել
Cr	3.5 ±2.7	6.00
Mn	404±29	Չի դիտարկվել
Sc	3.2 ±0.6	2.50
Co	1.59±0.60	1.09
Zn	47.8±15.5	40.0
As	2.53 ±0.36	5.10
Rb	128±8	135

Քիմիական տարր	ԳԱՎ մեթոդով չափված տարրի հարաբերական պարունակությունը (մկգ/գ կամ %)	ՆԱՎ մեթոդով չափված տարրի հարաբերական պարունակությունը (մկգ/գ կամ %)
Sr	32.3±2.7	Չի դիտարկվել
Y	26.3±1.9	Չի դիտարկվել
Zr	72.2±5.1	73
Nb	32.7±2.1	Չի դիտարկվել
Mo	6.1±1.0	Չի դիտարկվել
Sb	1.0±0.3	0.16
Cs	3.57±0.24	3.64
Ba	405±48	388
Ce	48.6±6.6	40.4
Tb	Չի դիտարկվել	0.57
Hf	Չի դիտարկվել	3.45
Yb	Չի դիտարկվել	2.44
Pb	16.1±2.8	Չի դիտարկվել
Th	20.4±2.4	16.3
U	5.74±0.45	6.20

**Օբսիդիանի նմուշների գամմա-ակտիվացման վերլուծության և ռենտգենա –
ֆլուորեսցենստաին մեթոդի արդյունքների համեմատությունը:**

Քիմիական տարր	ԳԱՎ մեթոդով հարաբերական պարունակությունը A2 (մկգ/գ կամ %)	XRF մեթոդով հարաբերական պարունակությունը A2 (մկգ/գ կամ %)	ԳԱՎ մեթոդով հարաբերական պարունակությունը G1 (մկգ/գ կամ %)	XRF մեթոդով հարաբերական պարունակությունը G1 (մկգ/գ կամ %)
Na (%)	2.52±0.33	Չի դիտարկվել	2.16±0.29	Չի դիտարկվել
K (%)	3.79±0.35	4.78±0.1	3.38±0.25	4.29±0.09
Ca (%)	0.445± 0.043	0.538± 0.084	0.34± 0.06	0.363± 0.08
Fe (%)	0.58±0.06	0.811±0.038	0.58±0.06	0.34±0.017
Ti (%)	0.070±0.004	0.081±0.0072	0.070±0.004	0.0359±0.0023
Cr	3.5 ±2.7	Չի դիտարկվել	3.5 ±2.7	Չի դիտարկվել
Mn	404±29	678±29	404±29	617±31
Sc	3.2 ±0.6	Չի դիտարկվել	3.42 ±0.67	Չի դիտարկվել
Co	1.59±0.60	Չի դիտարկվել		Չի դիտարկվել
Zn	47.8±15.5	58.0±4.0	51.6±17.5	67.0±3.0
As	2.53 ±0.36	Չի դիտարկվել	4.02 ±0.36	Չի դիտարկվել
Rb	128±8	174±9	151±10	203±10

Քիմիական տարր	ԳԱՎ մեթոդով A2 (մկգ/գ կամ %)	XRF մեթոդով A2 (մկգ/գ կամ %)	ԳԱՎ մեթոդով G1 (մկգ/գ կամ %)	XRF մեթոդով G1 (մկգ/գ կամ %)
Sr	32.3±2.7	79±7	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել
Y	26.3±1.9	46±17	16.63±1.58	Չի դիտարկվել
Zr	72.2±5.1	236±20	44.57±3.18	75±16
Nb	32.7±2.1	59±4	52.2±2.3	61±3
Mo	6.1±1.0	Չի դիտարկվել	7.72±1.3	Չի դիտարկվել
Sb	1.0±0.3	Չի դիտարկվել	0.28±0.11	Չի դիտարկվել
Cs	3.57±0.24	Չի դիտարկվել	6.31±0.46	Չի դիտարկվել
Ba	405±48	510±150	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել
Ce	48.6±6.6	Չի դիտարկվել	22.4±3.1	Չի դիտարկվել
Tb	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել
Hf	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել
Yb	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել	Չի դիտարկվել
Pb	16.1±2.8	Չի դիտարկվել	25.9±14.3	Չի դիտարկվել
Th	20.4±2.4	Չի դիտարկվել	46.41±3.95	Չի դիտարկվել
U	5.74±0.45	Չի դիտարկվել	11.93±1.13	Չի դիտարկվել

Արդյունքները և հետևությունները

- ԳԱՎ և ՆԱՎ երկու տարբեր մեթոդներով ստացված արդյունքներն ընդհանուր առմամբ համադրելի են:
- Բացառություն են կազմում օբսիդիանում ցածր պարունակություն ունեցող տարրերը, ներառյալ մկնդեղը, ծարիրը, ինչպես նաև ԳԱՎ մեթոդով չդիտարկված գրեթե բոլոր լանթանիդները
- Կալիումի պարունակության վերաբերյալ տվյալը, ստացվել է առանց ԳԱՎ մեթոդի կիրառման
- ԳԱՎ մեթոդով հաջողվում է դիտարկել մի շարք տարրեր (**Ca, Ti, Mn, Sr, Y, Nb, Mo, Pb**), որոնք չեն դիտարկվել ՆԱՎ մեթոդով:
- Այսպիսով, ՆԱՎ և ԳԱՎ մեթոդները կարող են փոխադարձաբար լրացնել միմյանց:

Եզրակացություն

- Արդյունքները ցույց են տալիս, որ ԳԱՎ և ՊԱՎ մեթոդները կարող են լրացնել և մասամբ փոխարինել երկրաբանական նմուշների քիմիական պարունակության որոշման համար օգտագործվող նեյտրոնային ակտիվացման վերլուծության մեթոդին:
- ԳԱՎ և ՊԱՎ մեթոդները կարող են լայնորեն կիրառվել **բնապահպանական մշտադիտարկման և հանքարդյունաբերության** համար հետաքրքրություն ներկայացնող նմուշների քիմիական բաղադրության որոշման համար:
- Նպատակահարմար է ԱԱԳԼ-ում ստեղծել **մշտական գործող խումբ**, որը մշակված տեխնոլոգիայի հիման վրա կիրականացնի շրջակա միջավայրի մշտադիտարկում:
- Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս, որ հնարավոր է ստանալ **հավաստագիր** նշված խնդիրները պատշաճ մակարդակով լուծելու համար:

**Շնորհակալություն ԱԱԳԼ – ի
գծային արագացուցիչի
աշխատակիցներին**

Շնորհակալություն

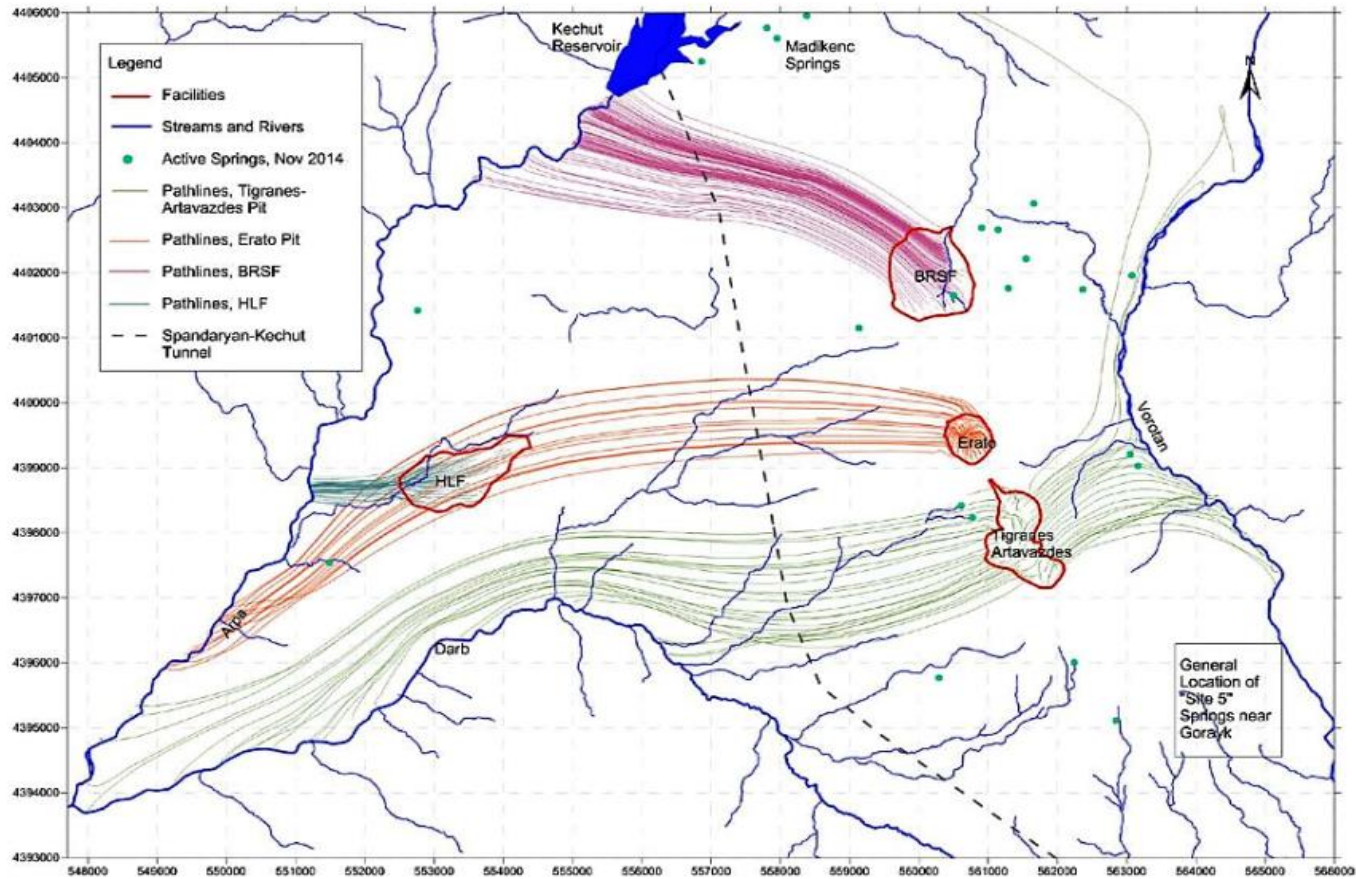


Figure 6.9.2 Groundwater Flow Pathlines during Operational Period

Ամուլսարի ոսկու հանքի ստորգետնյա ջրերի հոսքերի ուղիները շահագործման ընթացքում: BRSF – ԴԱԼ, HLF– ԿՏՅ, Erato, Tigranes, Artavazdes – բացահանքեր, կետագծով նշված է Սպանդարյան ջրամբար-Կեչուսի ջրամբար թունելը:

Ծանր մետաղների և մետալոիդների սահմանային թույլատրելի կոնցենտրացիաները (ՍԹԿ)

Վնասակար նյութը	ԱԹԿ-ն հողում մգ/կգ	ԱԹԿ-ն ջրում մգ/լ	ԱԹԿ-ն մթերքում մգ/կգ
Hg	2.0	0.0005	0.005
Cd	0.5	0.001	0.03
As	2.0	0.05	0.05
Pb	6.0	0.03	0.1
Zn	16.0	1.0	5.0
Co	5.0	0.1	
Ni	2.6	0.1	
Cu	3.0	0.1	0.5
Tl	0.25	0.1	

Ծանր մետաղների և մկնդեղի առավելագույն թույլատրելի կոնցենտրացիաները (ԱԹԿ)

Վնասակար նյութը	ԱԹԿ-ն հողում մգ/կգ	ԱԹԿ-ն ջրում մգ/լ	ԱԹԿ-ն մթերքում մգ/կգ
Sb	0.53	0.05	
Se	0.11		
V	1.1	0.1	
Mo	20	0.25	
Ag		0.05	
Cr	3.8	0.05	
Ba	9.0		
Mn	150	0.1	

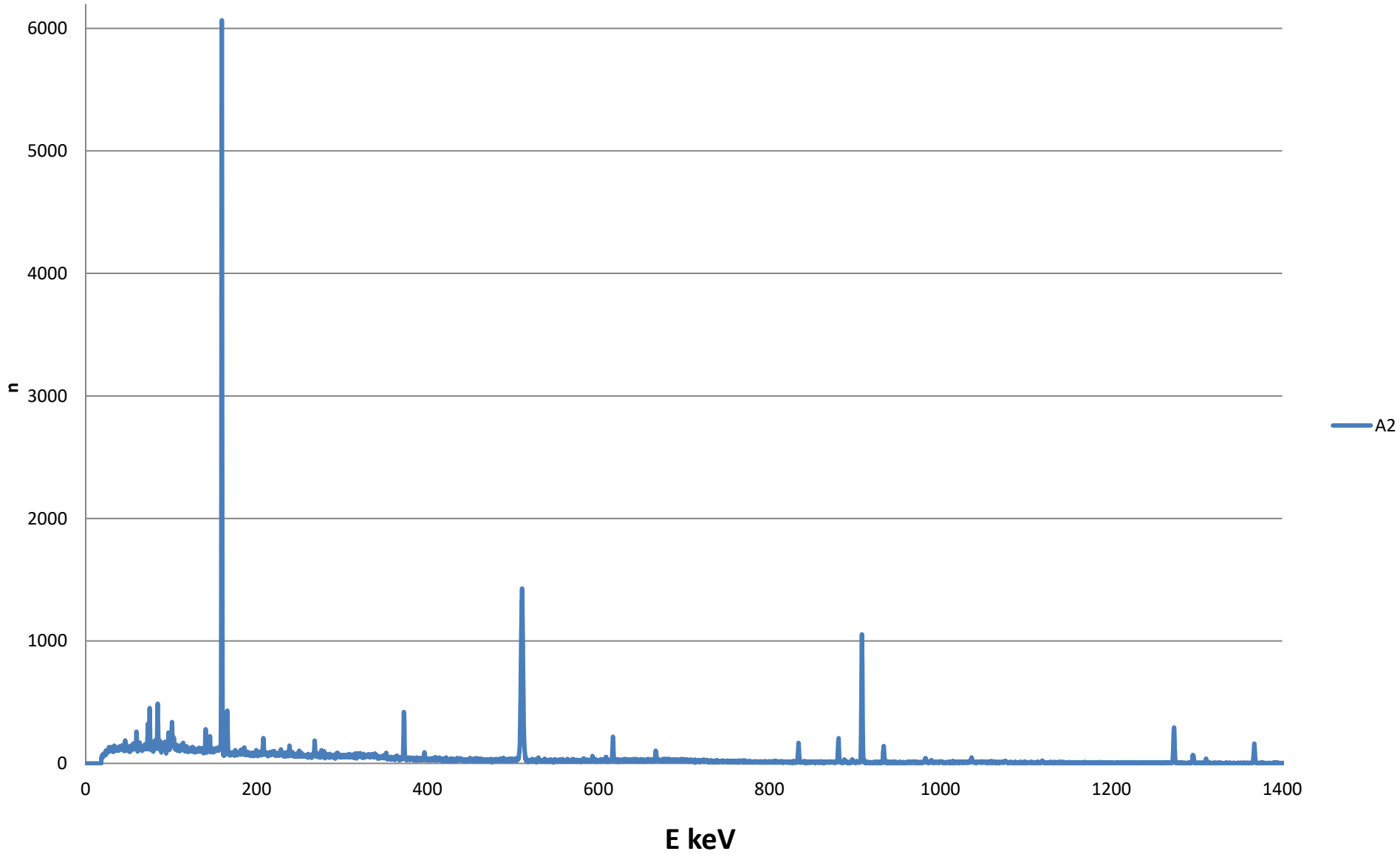
Ծանր մետաղների և մետալոիդների դասակարգումը 3 վտանգի դասերի

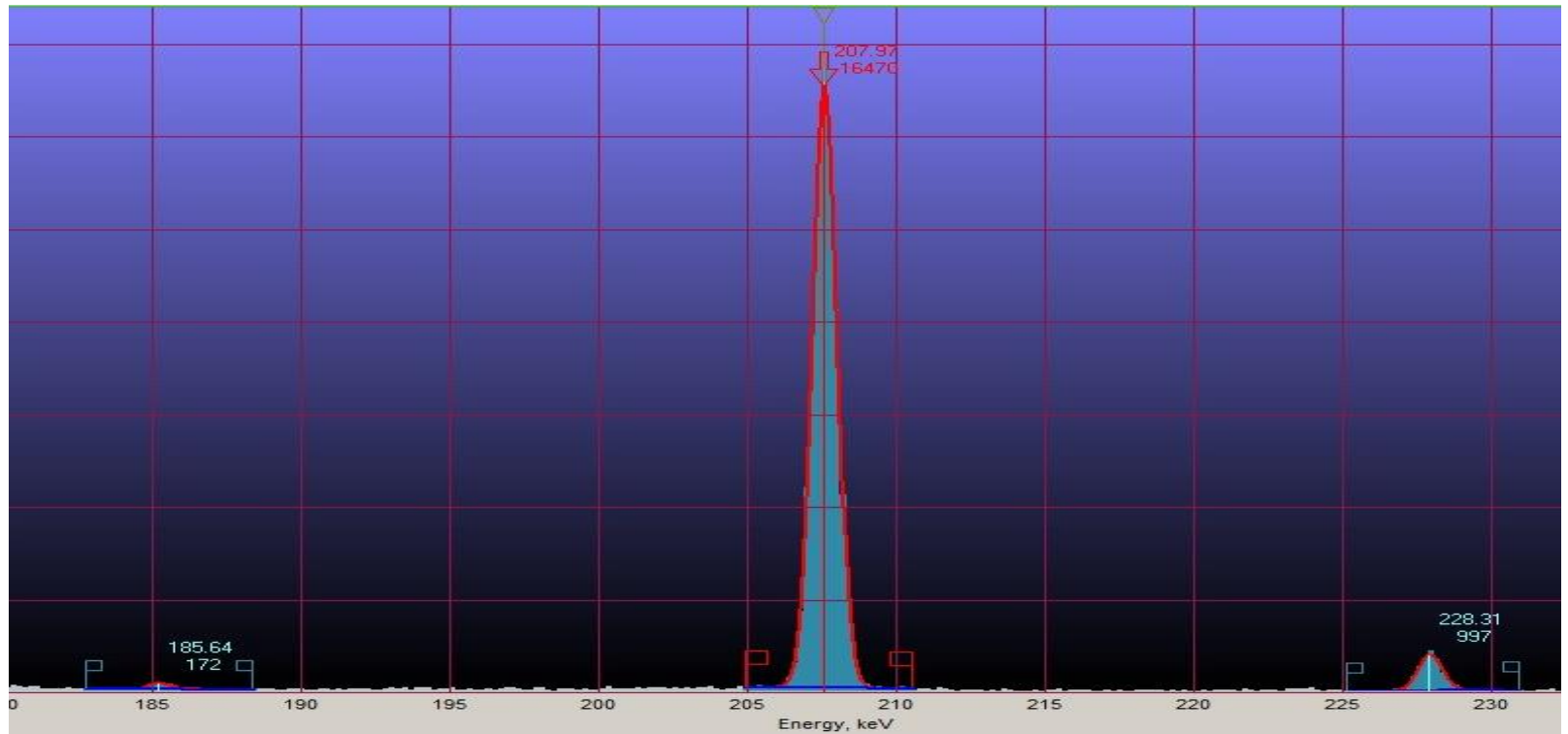
Վտանգի դաս	ГОСТ 17.4.02.-83 Ռուսաստան	RIVM Report Netherlands
Հատկապես թունավոր	As Cd Hg Se Pb Zn	Be Se Tl Sb Cd
Թունավոր	Co Ni Mo Cu Sb Cr	V Hg Ni Cu Cr As Ba
Ցածր թունավորության	Ba V W Mn Sr	Zn Co Sn Ce Pb Mo

I	O — 47,0 Si — 27,5	V	Ni — 0,008 Zn — 0,0068 Li — 0,0065 Ce — 0,0045 Sn — 0,004 Co — 0,003 Y — 0,0028 La — 0,0018 As — 0,0018 Ga — 0,0015 Pb — 0,0013 Nb — 0,001	VII	Cd — 5×10^{-5} Sb — 4×10^{-5} Cs — 4×10^{-5} I — 3×10^{-5} Bi — 2×10^{-5} In — 2×10^{-5} Ag — 1×10^{-5}
II	Al — 8,6 Fe — 5,0 Ca — 3,5 Mg — 2,26 Na — 2,5 K — 2,13			VIII	Se — 7×10^{-6} Hg — 7×10^{-6} Os — 5×10^{-6} Pd — 1×10^{-6}
III	Ti — 0,60 H — 0,15				
IV	Mn — 0,09 S — 0,09 P — 0,08 F — 0,06 Cu — 0,05 Ba — 0,05 C — 0,02 Cl — 0,018 Sr — 0,04 Cr — 0,02 Zr — 0,016 V — 0,015 Rb — 0,011 N — 0,01	VI	Th — 8×10^{-4} Ge — 7×10^{-4} Be — 7×10^{-4} Sc — 6×10^{-4} Mo — 3×10^{-4} B — 3×10^{-4} U — 3×10^{-4} Tl — 3×10^{-4} Hf — $2,4 \times 10^{-4}$ Ta — 2×10^{-4} Br — $1,6 \times 10^{-4}$ W — 1×10^{-4}	IX	Au — 5×10^{-7} Pt — 5×10^{-7} Ru — 5×10^{-7} Te — 3×10^{-7} Ir — 1×10^{-7} Rh — 1×10^{-7} Re — 1×10^{-7}
				XI	Ra — 1×10^{-10} Pa — 1×10^{-10}

Տարր	Տարրի տարածվածությունն ըստ ռադիոկազմի -% կամ մկգ/գ	Տարրի տարածվածությունն օբսիդիանում ըստ ռադիոկազմի -% մկգ/գ	Տարրի տարածվածությունն գրանոդիարիտ ըստ ռադիոկազմի -% մկգ/գ	SRM 278 INAA
O	49.13			
Si	27.5		30.3	36.6
Al	7.45		8.8	7.8
Fe	4.2	0.58±0.06	3.25	1.32
Ca	3.2	0.445± 0.043	2.75	0.60
Na	2.4	2.52±0.33	3.16	
K	2.35	3.79±0.35	2.59	3.44
Ti	0.61	0.070±0.004	0.38	
Mn	1000	404±29		430
Ba	500	405±48	970	1072
Sr	360	32.3±2.7	500	
Rb	110	128±8	121	129.3
Y	28	26.3±1.9	25	
Zr	16	72.2±5.1	230	208
Nb	10	32.7±2.1	15	

Obsidian A2 ճառագայթում 11.04.2023 սկիզբ-16:44, ավարտ 18:14



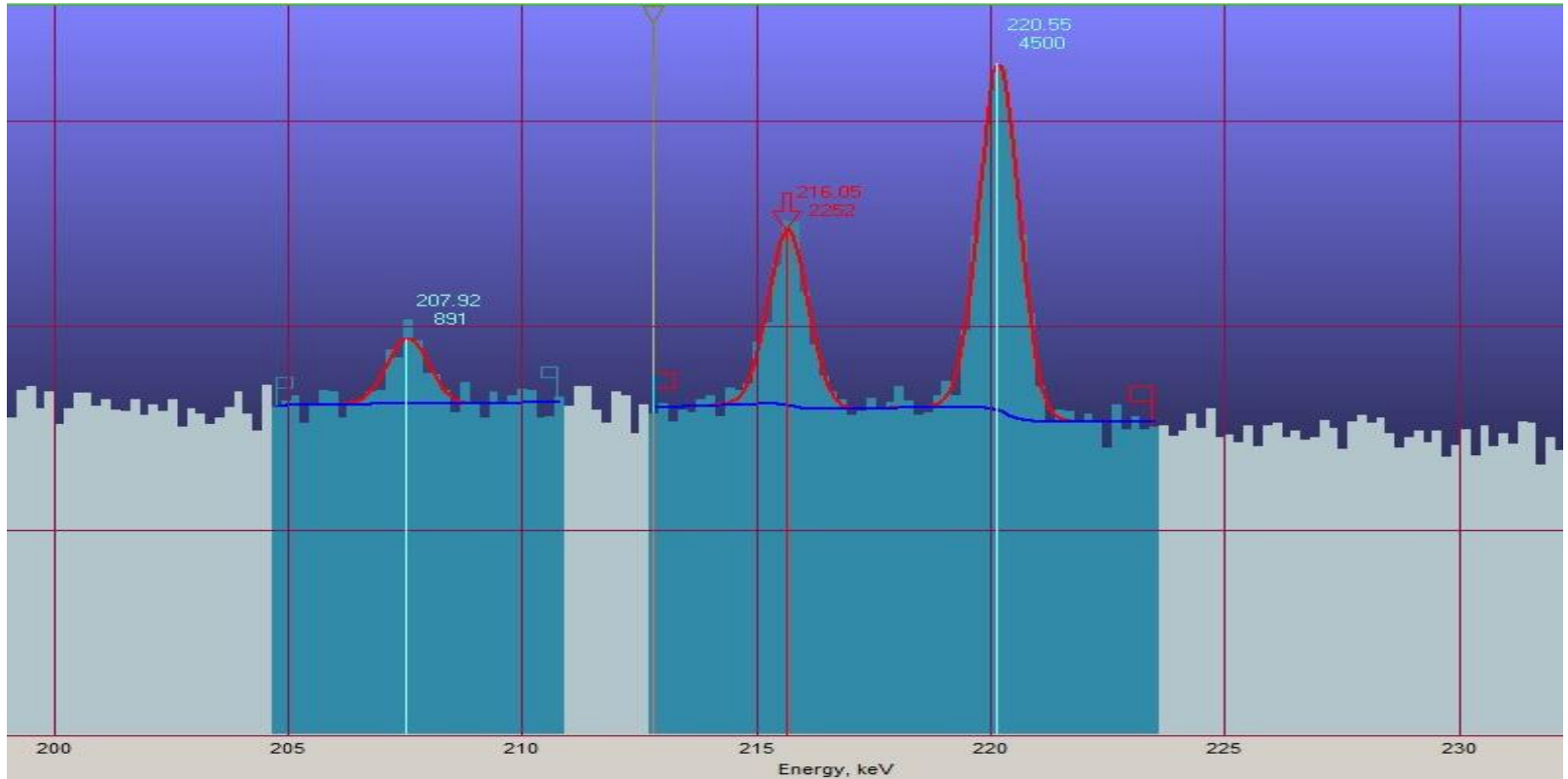


Ուրանի թիրախի (^{238}U $m=1.02$ մգ) ճառագայթման ($E_{\gamma}^{\max} = 28$ ՄէՎ) γ -սպեկտրը ($t = 3142$ վրկ), $h = 2$ mm 20.12.2022

1. $E_{\gamma} = 185.713$ keV ^{235}U (57.2%) $N_m = 172$

2. $E_{\gamma} = 208.0$ keV ^{237}U $T_{1/2} = 6.75$ d (21.2%) $N_m = 16470$

4 մկգ ^{237}U $t = 88350$ վրկ $h = 2$ մմ $n = 1737 \cdot 10^{-6}$ 0.4 մկգ ^{237}U $n = 174 \cdot 10^{-7}$



Հողի նմուշի (HoghPA m=4.0g) ճառագայթման ($E_{\gamma}^{\max} = 28$ ՄէՎ $I_e=0.54$ մկԱ $h=2\text{mm}$ 13.12.2022) γ -սպեկտրը ($t = 88350$ վրկ) 18-19.12.2022

$E_{\gamma} = 208.0$ keV ^{237}U $T_{1/2}=6.75$ d (21.2%) $N_m=891$ $m=2.7\text{mkg}$ 0.68 mg/kg

$E_{\gamma} = 216.08$ keV ^{131}Ba $T_{1/2}=11.5$ d 19.66%) $N_m=2252$

$E_{\gamma} = 220.63$ keV ^{43}K $T_{1/2}=22.3$ h (4.8%) $N_m=4500$