

Իզոտոպների հետազոտման և արտադրության բաժնի 2014 թվականի գործունեության հաշվետվությունը

Ընդհանուր տեղեկություններ

Ռադիոակտիվ իզոտոպների կիրառումը բժշկության համար ներկայումս լայն տարածում ունի Հայաստանի հիվանդանոցներում:

Ամենատարածված կիրառումն ունի գտած տեխնեցիում ^{99m}Tc իզոտոպը, որը ներկայումս օգտագործվում է Հայաստանի 3 կլինիկաներում՝ հիմնականում քաղցկեղային ուռուցքների ախտորոշման համար: Այն ներմուծվում է արտասահմանից հատուկ գեներատորների տեսքով, որը ապահովում է հիվանդների զննումը 6-8 օր: Հաջորդ գեներատորը հաճախ ստացվում է մի քանի շաբաթ հետո, որի հետևանքով հիվանդները չեն կարող ժամանակին անցնել զննումը:

Վերջին տասնամյակում մի շարք գիտական կենտրոններ ակտիվորեն զբաղվում են Mo/Tc ստացման այլընտրանքային մեթոդների մշակմամբ, մասնավորապես՝ լիցքավորված մասնիկների արագացուցիչների կիրառման միջոցով. հետազոտվել են ^{99}Mo արտադրության և ^{99m}Tc ուղղակի ստացման արագացուցչային սխեմաներ [4-7]: Պրոտոնային փնջի ^{25}U էներգիայի մոտակայքում ^{99m}Tc հնարավոր է ստանալ ուղղակի՝ $^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99m}\text{Tc}$ ռեակցիայի միջոցով: Միաժամանակ հնարավոր է ստանալ ^{99}Mo $^{100}\text{Mo}(p,pn)^{99}\text{Mo}$ ռեակցիայի միջոցով, սակայն ^{99m}Tc ստանալու ընթացքում ^{99}Mo տրոհումը շատ փոքր լրացուցիչ ներդրում ունի:

Հիմնական ուշադրության կենտրոնում պրոտոնային փնջի ճառագայթումով ^{99m}Tc ուղղակի ստանալն է, ինչպես նաև արագացուցչային այլ մեթոդների կիրառումը: ^{99m}Tc կիրառելի քանակներ հնարավոր է ստանալ $^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99m}\text{Tc}$ ռեակցիայի միջոցով, որի կտրվածքն ունի առավելագույն արժեք պրոտոնների 15-16 ՄԷՎ տիրույթում, այն շատ հարմար տիրույթ է բժշկական նպատակներով տեղադրված ցիկլոտրոնների մեծամասնության համար: 19 ՄԷՎ էներգիայով պրոտոնային փնջի տակ 150 միկրոամպեր հոսանքով 6 ժամում հնարավոր է ստանալ մինչև 9 Կյուրի (333 ԳԲթ) ^{99m}Tc օրական 2-3 անգամ:

1. Ճառագայթվող թիրախի պատրաստման տեխնոլոգիայի մշակումը

Երևանի Ֆիզիկայի ինստիտուտի տարածքում տեղադրվող բելգիական IBA ֆիրմայի արտադրած C18 ցիկլոտրոնի պրոտոնային փնջի վրա նախատեսվում է

*Համառոտ նկարագրել հաշվետու ժամանակահատվածում իրականացված աշխատանքների արդյունքները՝ օրացուցային պլանով և պայմանագրով նախատեսված առաջադրանքին համապատասխան: Ներկայացնել հիմնական արդյունքները, դրանց արդիականությունը և գիտական կամ գիտատեխնիկական նորույթը: Նկարագրել միջազգային համագործակցությանը նպաստող և արդեն իսկ իրականացված միջոցառումները: Միջազգային համագործակցության մասին ներկայացնել տեղեկատվություն համապատասխան պայմանագրի և հաշվետու ժամանակահատվածում իրականացված այցելությունների մասին՝ նշելով ժամկետները, վայրը, նպատակը և ֆինանսավորման աղբյուրը: Ներկայացնել նաև ծրագրի կատարման ընթացքում ի հայտ եկած դժվարությունները և դրանց հաղթահարման հնարավոր լուծումները (մինչև 10 էջ):

Լրացուցիչ էջերի դեպքում պահպանել ենթաբաժնի անվանումը:

կատարել հետազոտական և կիրառական աշխատանքներ, նպատակաուղղված ^{99m}Tc ուղղակի ստացման տեխնոլոգիայի զարգացմանը և փորձնական արտադրությանը: Այս խնդրի լուծման համար, մասնավորապես թիրախի հանդեպ, ներկայացվում են հետևյալ պահանջները.

- Մոլիբդենի մետաղական փոշուց պատրաստված հաբը պետք է ունենա բավարար մեխանիկական ամրություն, որպեսզի պահպանի իր հատկությունները՝ ճառագայթման թիրախային մոդուլից հեռացնելու և դեպի հետագա մշակման համար նախատեսված սենյակ տեղափոխելու ընթացքում;
- Մոլիբդենի մետաղական փոշուց պատրաստված հաբը պետք է ունենա բավարար ջերմահաղորդականություն, որպեսզի պրոտոնային փնջով ճառագայթման ընթացքում ստացած ջերմությունը կարողանա փոխանցել իր հենարանին:

Այդ խնդրի լուծման համար առաջարկվել և փորձարկվել է նախ մոլիբդենի փոշու հաբի մամլիչով պատրաստումը իր հենարանի մեջ (տես Նկար 1), իսկ այնուհետև նրա մշակումը մեծ հզորության լազերային ճառագայթով:



Նկար 1. Մոլիբդենի փոշին մամլված է տիտանից պատրաստված հենասկավառակի մեջ:

Մամլած մոլիբդենի մակերեսին լազերի ճառագայթը մասամբ հալեցնում է մոլիբդենին և առաջացնում պինդ մարմնի վիճակով ակոսներ, որոնք գործում են ինչպես երկաթե կցվածքներ (арматура) երկաթբետոնում, կտրուկ ավելացնելով հաբի մեխանիկական ամրությունը և ջերմահաղորդականությունը:

Մոլիբդենի հաբերի մակերեսային մշակման սարքավորման հիմքն է ծառայում պինդ մարմնի իմպուլսային լազերը (տես Նկար 2 - ձախ) հետևյալ բնութագրերով.

Ալիքի երկարությունը	1.06 μm
Իմպուլսի էներգիան	250 MJ
Գործելու հաճախությունը	40 Hz
Իմպուլսի տևողությունը	200 μs

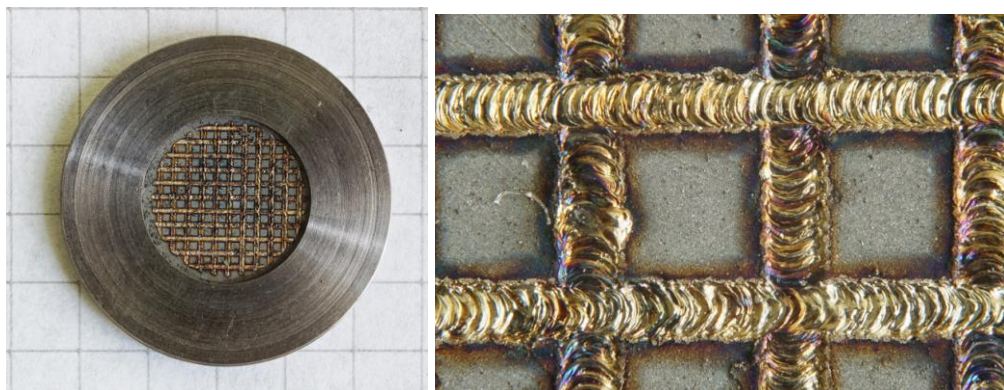
Լազերի (1) փունջն անցնում է փունջը լայնացնող սարքով (2), այնուհետև ֆոկուսանում է օպտիկական համակարգում, որի ֆոկուսային հեռավորությունն է $A=150\text{ mm}$: Ֆոկուսում լազերային փնջի կտրվածքը փոփոխվում է 150 -300 μm տիրույթում:

Մշակվող հաբը տեղադրվում է համակարգչով կառավարվող XY երկկորդինատային շարժական սեղանի վրա, (տես Նկար 2 - աջ) ինչը թույլ է տալիս հաբի մակերեսի մշակումը կատարել ցանկացած պատկերով:

Նշված եղանակով մշակված մոլիբդենի հաբի պատկերը բերված է Նկար 3-ում: Հալեցման եղանակով ստացված ցանցի պարբերությունը մոտ 1 mm է, ակոսի լայնությունը՝ 200 μm :



Նկար 2. Մոլիբդենի հաբի մակերեսային մշակման համար լազերային սարքավորումը (ձախում), համակարգչով կառավարվող XY երկկորդինատային շարժական սեղանը (աջում):

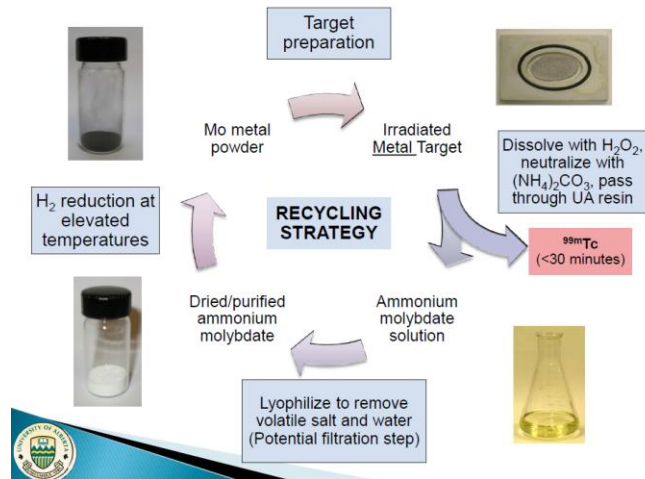


Նկար 3. Լազերային ճառագայթով մշակված մոլիբդենի հաբը տիտանի սկավառակում (ձախ պատկերը), նույնը մեծացրած (աջ պատկերը):

Այս եղանակով մշակված հաբերը փորձարկվել են հետագա քիմիական մշակման տեսակետից, այսինքն ստուգվել է՝ արդյոք լազերային ճառագայթով մշակված հաբերը նույն ժամանակում են ենթարկվում քիմիական լուծմանը, ինչպես չմշակվածները: Փորձը ցույց տվեց, որ հիմքում լուծվելու ժամանակը մնում է անփոփոխ:

2. Մոլիբդենի վերամշակման տեխնոլոգիայի ստեղծումը:

Ուդոակի եղանակով $^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99m}\text{Tc}$ ռեակցիայի միջոցով տեխնեցիում ստանալու համար նպատակահարմար է ճառագայթել մոլիբդենի հարստացված ^{100}Mo իզոտոպը, որի պարունակությունը բնական մոլիբդենում կազմում է ընդամենը $\sim 9\%$: Սակայն հարստացված ^{100}Mo չափազանց թանկ է՝ մի քանի հազար ԱՄՆ դոլար 1 գրամի համար: Ուստի ակնհայտ է, որ ճառագայթումից և ստացված տեխնեցիումի գտումից հետո անհրաժեշտ է հիմքում լուծված մոլիբդենը վերականգնել և նրանից նոր մետաղյա թիրախ պատրաստել հաջորդ ճառագայթման համար:



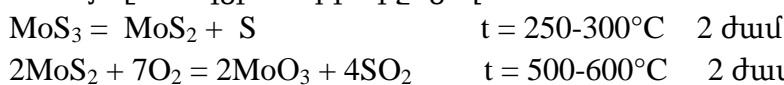
Նկար 4: Մոլիբդենի վերականգնման ռազմավարությունը:

Այդ նպատակով մշակվել է մոլիբդենի վերականգնման տեխնոլոգիան, որի առաջին փուլում հիմքում լուծված մոլիբդենը ծծմբաջրածնի միջոցով վերականգնվում է մինչև մոլիբդենի սուլֆիդ MoS_3 : Ծծմբաջրածին ստանալու և վերը նշված ռեակցիան ստանալու համար պատրաստվել է հատուկ պահարան օդի արտաքարշով, որը պահարանում առկա ծծմբաջրածինը արտանետում է դուրս: Պահարանում հավաքվել է քիմիական սարքավորումների համալիրը, որը $\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ ռեակցիայի միջոցով արտադրում է ծծմբաջրածին և $\text{K}_2\text{MoO}_4 + 4\text{H}_2\text{S} = \text{MoS}_3 + \text{K}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$ ռեակցիայի միջոցով առաջացնում մոլիբդենի սուլֆիդ MoS_3 : Պահարանը և քիմիական սարքավորումները պատկերված են Նկար 5-ում:



Նկար 5. Մոլիբդենի վերականգնման քիմիական սարքավորումների հավաքածուն:

Այնուհետև մոլիբդենի սուլֆիդը MoS_3 վեր է ածվում մոլիբդենի եռօքսիդի հետևյալ ռեակցիաների միջոցով՝



Ռեակցիան անց է կացվում բարձր ջերմաստիճանային վառարանում՝ անպայման պարբերաբար տրվող օդի առկայությամբ:

Նշված տեխնոլոգիան լրիվ մշակված է, փորձարկված է և պատրաստ շահագործման:

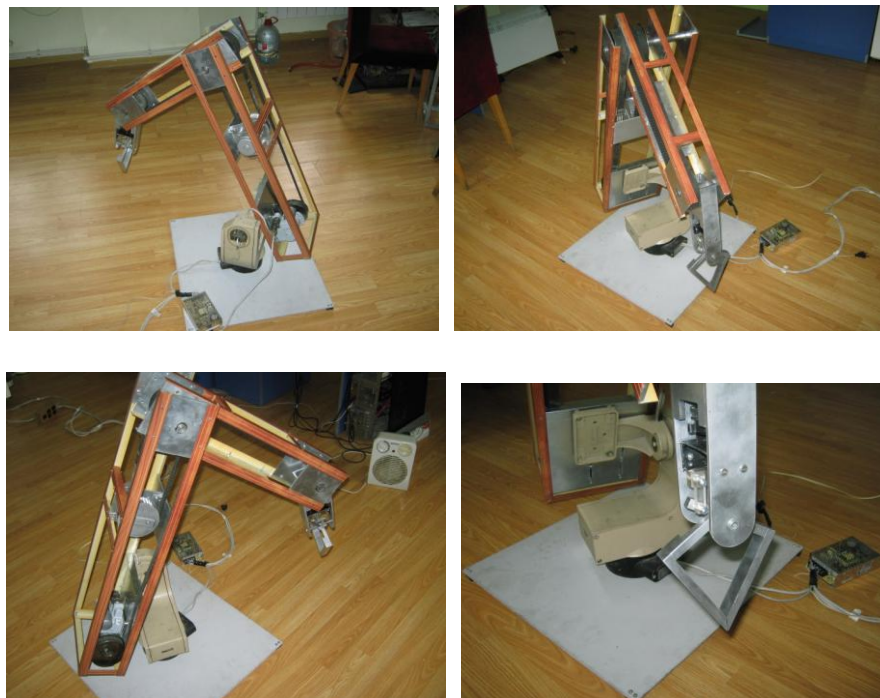
Հաջորդ փուլում նախատեսվում է վերականգնել MoO_3 մոլիբդենի եռօքսիդը մինչև մետաղական մոլիբդենի փոշու վիճակը:

3. Հեռակառավարվող ռոբոտ

Ճառագայթված թիրախի տեղափոխման գործողությունները կատարելու համար անհրաժեշտ եղավ նախագծել և կառուցել հեռակառավարվող ռոբոտ, որը կկարողանա թիրախի տեղափոխման կոնտեյներից ճառագայթված թիրախը վերցնել և տեղադրել այն “թեժ” պահարանում տեղադրված տեխնեցիումի գտման սարքի մեջ: Գառագայթված թիրախի բարձր ակտիվության պատճառով դա հնարավոր չէ ձեռքով անել:

Ռոբոտը պետք է ունենա մինչև 1.5 մետր հեռավորության վրա գործելու ունակություն, մինչև 100 գրամ բեռ տեղափոխելու ունակություն և չպարունակի ռադիոտարրեր, քանի որ բարձր ռադիացիայից նրանք շարքից դուրս են գալիս: Օպերատորը հեռակառավարումը իրականացնում է մինչև 5 մետր հեռավորությունից, հիմնվելով 2 տեսախցիկներից ստացված պատկերի վրա:

Ռոբոտի արտաքին տեսքը բերված է նկար 6-ում:



Նկար 6. Հեռակառավարվող ռոբոտի արտաքին տեսքը:

4. Մասնակցությունը հանրապետական մրցույթներին:

«Բնական գիտություններ», «Ճարտարագիտություն և տեխնոլոգիա» և «Բժշկական գիտություններ» բնագավառներում գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության պայմանագրային (թեմատիկ) ֆինանսավորման նպատակով, գիտական թեմաների հայտերի ընտրության մրցույթին բաժնի կողմից ներկայացվել է “C18 ցիկլոտրոնի պրոտոնային փնջով ^{99m}Tc բժշկական իզոտոպի ուղղակի ստացման մեթոդի զարգացումը” վերնագրով նախագիծ: Նախագիծը հավանության է

արժանացել և հաստատվել է նրա ֆինանսավորումը 2 տարի ժամկետով, 12 մլն դրամ գումարով:

5. Միջազգային գործունեություն:

1. 2013 թ. ներկայացվել է նախագիծ Ատոմային Էներգիայի Միջազգային կոմիտե IAEA, ստացվել է դրամաշնորհ հետևյալ տվյալներով.

CRP IAEA

IAEA Research Contract No: 18029

Research Project title -

‘Technetium 99m Production Using Proton Beam from C18 Cyclotron’.

The Chief Scientific Investigator - Dr Avetisyan, Albert.

Դրամաշնորհի գումարը կազմում է € 7000 2013 հունիս – 2014 հունիս ամիսների համար (մեկ տարվա համար):

2014 հունիս ամսին ներկայացվել է 1 տարվա հաշվետվություն և հայտ նախագծի երկարաձգման վերաբերյալ: Հաշվետվությունը հաստատվել է, նախագծի ֆինանսավորումը երկարաձգվել է 1 տարով, գումարը կազմում է € 7000 2014 հունիս-2015 հունիս ամիսների համար:

2. Պատրաստվել և ներկայացվել է ՄԳՏԿ (ISTC) “CREATION OF TECHNETIUM 99m TRIAL PRODUCTION USING PROTON BEAM FROM C18 CYCLOTRON” վերնագրով նախագիծ: Դիտարկվելու է 2015 թ. հունվարին:

3. Բաժնի ղեկավար Ալբերտ Ավետիսյանը մասնակցել է 2014 օգոստոսի 24-30-ը Գերմանիայի Դրեզդեն քաղաքում կայացած 15th International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics (CGS15) գիտաժողովին՝ հրավիրված զեկույցով: Չեկույցի թեման էր “Development of medicine-intended isotopes production technology at Yerevan Physics Institute”. Չեկույցների հավաքածուն հրատարակվելու է EPJ գիտական ամսագրում:

3. Սեպտեմբերի 16-20-ին բաժնի ղեկավար Ալբերտ Ավետիսյանը այցելել է ՌԴ մի քանի գիտական ձեռնարկություններ, այդ թվում բժշկական սարքավորումներ արտադրող և մատակարարող UNIX ձեռնարկությունը և EXTRACTOR ՓԲԸ: UNIX կազմակերպությունում անց է կացրել սեմինար “Accelerator-based Alternatives to Mo-99 /Tc-99m production ” թեմայով:

6. Ասպիրանտուրա:

2014 թվականին Գևորգ Հարությունյանը շարունակել է ուսուցումը ԱԱԳԼ ասպիրանտուրայում: Հանձնել է բոլոր թեկնածուական քննությունները:

Ձև 3

2014 թ. տպագրվել է 3 աշխատանք.

- R. Avagyan, A. Avetisyan, I. Kerobyan, R. Dallakyan. Photo-production of $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ with electron linear accelerator beam. *Nuclear Medicine and Biology*, 41 (2014) 705–709
- S. G. Arutunian, A. E. Avetisyan, M. M. Davtyan, G. S. Harutyunyan, I. E. Vasiniuk, M. Chung, and V. Scarpine. Large aperture vibrating wire monitor with two mechanically coupled wires for beam halo measurements. *Phys. Rev. ST Accel. Beams* 17, 032802 – Published 19 March 2014.
- A.S.Danagulyan, G.H.Hovhannisyan, T.M.Bakhshiyani, R. H. Avagyan, A. E. Avetisyan, I. A. Kerobyan and R. K. Dallakyan. Photonuclear Reactions on $^{112,118,124}\text{Sn}$, $^{\text{nat}}\text{Te}$, and $^{\text{nat}}\text{Hf}$ Targets. *Physics of Atomic Nuclei*, 2014, Vol. 77, No. 11, pp. 1313–1320.

Եվս 1 աշխատանք հաստատվել է տպագրության:

- T. Butaeva, I. Ghambaryan, M. Mkrtychyan. Recharging processes of Ce^{3+} in γ -irradiated YAG:Ce single crystals. Accepted to published in “Optics and Spectroscopy” (*Optika i Spektroskopiya*) v.118,#2, 2015.

Եվս 3 հոդված է պատրաստվում տպագրության:

*Նկարագրել հաշվետու ժամանակահատվածում տպագրված և ավարտված գիտական արդյունքները (ատենախոսություններ, գիտական հրապարակումներ, արտոնագրեր, գիտաժողովների զեկույցներ, ներդրումներ, փորձնական նմուշներ և այլ նյութեր):

Հրապարակումների ցանկը ներկայացնել՝ նշելով հեղինակը, վերնագիրը, ամսագիրը կամ հրատարակչությունը, տարին, հատորը, համարը, էջերը: Արտոնագրի դեպքում նշել հեղինակը, երկիրը, դասիչը, անվանումը, սեփականատերը, ժամկետը: Այլ տեսակի հրապարակումները ներկայացնել ամսագրերում ընդունված պահանջներին համապատասխան: Թեկնածուական ատենախոսության դեպքում նշել հեղինակը, անվանումը, մասնագիտական դասիչը, ղեկավարի անունը, ազգանունը: Դոկտորական ատենախոսության դեպքում նշել հեղինակը, անվանումը, մասնագիտական դասիչը: