



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
Elmi-tədqiqat layihələri üzrə əsas qrant müsabiqəsinin
(EIF-ETL-2020-2(36)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə

YEKUN ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: **Təbii radioaktiv izotopların sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə tibbi izotoplara çevrilməsi və sintez məhsullarının ayrılaraq saflaşdırılmasının tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Nağıyev Cəlal Əhədbala oğlu**

Qrantın məbləği: **50 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-ETL-2020-2(36)-16/06/1-M-06**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **17 mart 2021 – ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 aprel 2021-ci il– 01 aprel 2022-ci il (3 ay əlavə edildi)**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Diqqət! Uyğun məlumat olmadığı təqdirdə müvafiq bölmə boş buraxılır

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

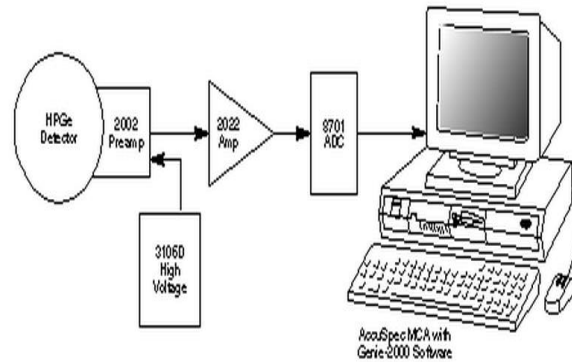
1	<p>Layihənin həyata keçirilməsi üzrə yerinə yetirilmiş işlər, istifadə olunmuş üsul və yanaşmalar</p> <p>Layihə çərçivəsində ilk də olaraq, GEANT 4 simulyasiyası və TALYS-1.95 kodu tətbiq edilməklə radiofarmasevtik dərman vasitəsi istehsalına yararlı olan 99% Ac-225 izotopunun asınması üsulu işlənmişdir.</p> <p>Müxtəlif funksional qruplu sorbentlər (UTEVA, TEVA, Chelex-100, AG1-X8, Fosfon qruplu selüloza, karboksil qruplu MAPS) tətbiq edilərək model məhlulda Ac-225 izotoplarının sobsiya metodu ilə ayrılması tədqiq edilmişdir.</p> <p>Bu məqsədlə alfa qamma spektroskopiya kombinə metodları habelə seçici sorbsiya metodları tətbiq olunmuşdur. Layihəyə edilmiş dəyişiklikləri nəzərə alaraq, icra zamanı görülməsi planlaşdırılan işlər 4 mərhələdə yenidən qruplaşdırılmışdır.</p> <p>Layihənin dörd mərhələsi üzrə plana uyğun olaraq aşağıdakı işlər yerinə yetirilmişdir:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Radiofarmasevtik dərman vasitələrinin istehsalı üçün lazım olan qısa ömürlü radioaktiv izotopların sintezi və onların tətbiqə yararlı hala gətirmək məqsədi ilə effektiv üsulla saflaşdırılaraq ayrılması üçün aktual problemlərin həllinə yönələn elmi tədqiqat işləri üzrə
----------	--

ədəbiyyat təhlili aparılmış və bu sahədə qabacıl dünya təcrübəsinin öyrənilmişdir.

2. Layihə çərçivəsində aparılacaq tədqiqatlarda istifadə olunacaq HPGe Gamma Spectrometri, Alpha Spectrometri və LB2046 Bethold alfa beta spektrometrləri ilə Radium-226 və Aktinium-225 radioizotoplarının standart radioaktiv məhlullarında analizi metodikaları mənimsənilmiş və bu avadanlıqlar standart radioaktiv maddələrlə kalibrənilmişdir.

Radioaktiv izotoplarının aktivliyi yüksək təmizlikli germanium detektorlu HPGe qamma radiometr-spektrometrləri vasitəsi ilə təyin edilmişdir. (Şəkil 1.1) HPGe qamma-spektrometri effektivliyi 30% germanium detektorundan, ilkin gücləndiricidən, gücləndiricidən, yüksək gərginlik blokundan və enerjiyə görə ayırdetməsi 2.1keV (^{60}Co 1173 və 1332keV xətləri üçün) olan DSA 1000 rəqəmsal analizatorundan ibarətdir. Germanium detektorları yarımkeçirici detektorlardır. Tədqiqatlarda istifadə olunan germanium detektor növü n tiplidir, yəni əks qidalanmaya malikdir. Tərs qidalanmada birləşmənin n tərəfinə müsbət gərginlik tətbiq olunur və düz qidalanmadan fərqli olaraq potensial maneə artır. Nəticədə cərəyan müəyyən doyma nöqtəsinə qədər artır. p-n keçidi detektorun səmərəliliyi üçün çox vacibdir.

Layihə çərçivəsində tədqiqatlarda Siklotronunda sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə (p,2n) nüvə reaksiyaları nəticəsində əmələ gələn yeni radionuklidlərin vəsfi və miqdarı analizi üçün çox yüksək ayırdetmə qabiliyyətinə malik HPGe detektorları istifadə edilmişdir.



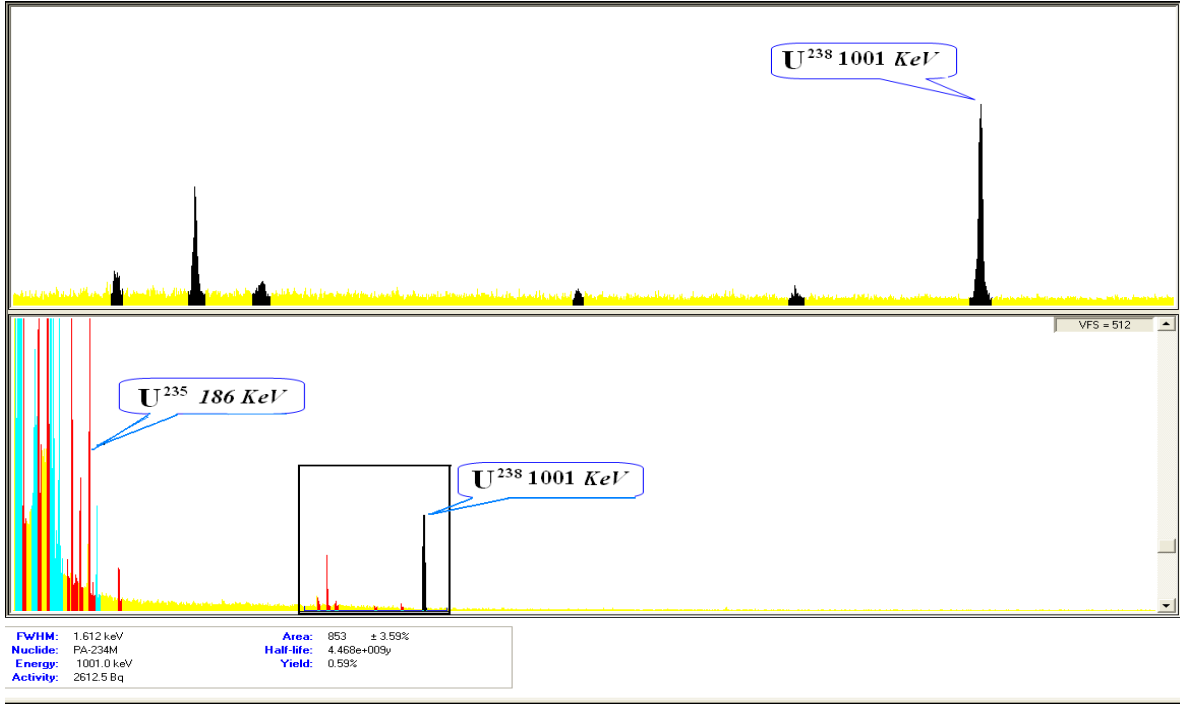
Şəkil 1.1. HPGe qamma spektrometrin sxemi

Siklotronunda sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə yaranan yeni radioisotoplardan yayılan qamma radiasiya enerjisi HPGe kristalı qarşılıqlı təsire girərək udulur. Daha sonra bu enerjiyə mütenasib cərəyan pulsuna çevrilir. Bu puls ilkin gücləndirici və gücləndiricilərin köməyi ilə gərginlik impulsuna çevrilir. Gücləndirildikdən sonra çoxkanallı analizatora (MCA) göndərilir. Analizatorada ədədi məlumatlara çevrilən verilənlər kompüter ekranında spektr kimi görünür (Şəkil 1.2).

Ra-226 hədəfini Siklotronunda sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə alınan sintez məhsullarının HPGe qamma-spektrometridə qamma spektrinin çəkilməsi zamanı aşağıdakı proseduralar ardıcılıqla yerinə yetirilmişdir:

1. Qamma spektrometri işə salınmazdan əvvəl germanium kristalı maye azot temperaturuna (77K) qədər soyudulmasına əmin olunmalıdır.
2. Genie 2000 paneli açılır və "Gamma Acquisition & Analysis" operator proqramı işə salınır.
3. Analizatora qoşulan GX 3020 tipli germanium detektoru seçilir və yüklənir.
4. DSA 1000 çox kanallı rəqəmsal analizatoru vasitəsilə yüksək gərginlik blokundan germanium kristalına 3000V sabit gərginlik qoşulur.
5. QA/QC yardımçı proqramı işə salınır analizinin keyfiyyətinə nəzarət məqsədi ilə "Chek Sours $^{22}\text{Na}/^{155}\text{Eu}$ " $1\mu\text{Ki}$ aktivlikli standart radioaktiv mənbə vasitəsi ilə spektrometrin aşağıda sadalanan parametrləri nəzarət edilir.

- “Pick centroid 86.5keV”, ¹⁵⁵Eu nuklidinin birinci fotopikinın mərkəzi;
- “Pick centroid 105.3keV”, ¹⁵⁵Eu nuklidinin ikinci fotopikinın mərkəzi;
- “Pick centroid 1274.5keV”, ²²Na nuklidinin fotopikinın mərkəzi;
- FWHM 86.5keV, ¹⁵⁵Eu-in birinci fotopikin yarım hündürlükdəki tam eni; FWHM 86.5keV, Eu155 =0.86keV;
- FWHM 105.3keV, ¹⁵⁵Eu-in ikinci fotopikin yarım hündürlükdəki tam eni FWHM 105.3keV, Eu155 =1.03keV,
- FWHM 1274.5 keV, ²²Na nuklidinin fotopikinın yarım hündürlükdəki tam eni FWHM 1274.5keV, Na22 =2.13keV;
- Chek Activity ¹⁵⁵Eu, 1μKi;
- Chek Activity ²²Na, 1μKi.



Şəkil 1.2. HPGe spektrometrində radionuklidlərinin təyin olunduğu fotopiklər

Qamma-spektrometriya ilə nümunənin aktivliyini hesablanmağa və spektrin toplanması prosesinə başlamazdan əvvəl eksperimental qurğunun kanal-enerji kalibrləməsini etmək lazımdır. Qamma detektorunun kalibrlənməsi üçün qamma enerjiləri məlum olan və bu enerjilər kalibrlənəcək enerji diapazonunda mümkün qədər paylanmış mənbələrdən istifadə olunur. Tipik standart qamma mənbələri tərəfindən buraxılan enerjilər aşağıdakı şəkildəki cədvəldə verilmişdir.

Enerjinin kalibrlənməsi nəticəsində tapılacaq tənlik;

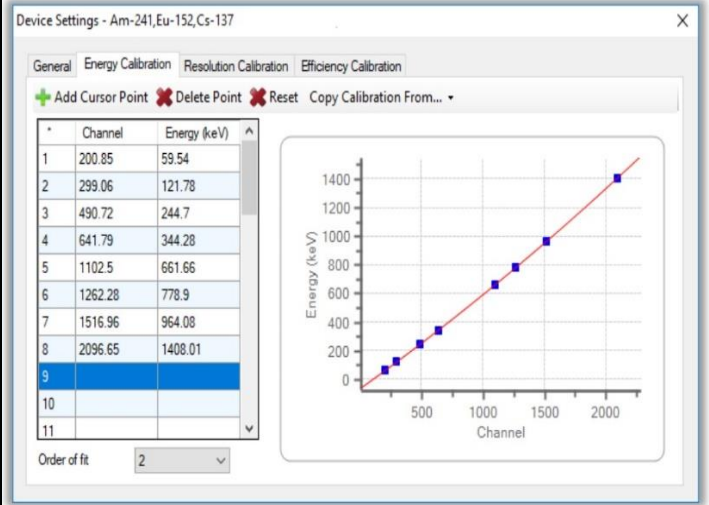
$$E = k (KN) + b$$

yəni ən ümumi formada $y = kx + b$ şəklində olan xətt tənliyidir. Burada KN kanal nömrəsi, k-əmsal, b xəttin y oxunu kəsdiyi qiymətdir.

Qamma radiometrik və spektrometrik sistemin enerji kalibrlənməsi ²⁴¹Am, ¹⁵²Eu və ¹³⁷Cs nöqtəvi mənbələrinin istifadəsi ilə həyata keçirilir. Müşahidə olunan qamma piklərinin mərkəzi nöqtələrinin kanal nömrəsinə uyğun əyrisi çəkilmişdir. Kanal-Enerji kolibrlənməsi məqsədi ilə kanal nömrəsi-enerji əyrisi funksiyası müəyyən edilmişdir.

Hədəfdə Aktinium-225 radioizotoplarının qamma-spektrometriya metodu ilə aktivliyini hesablamaq üçün müqayisəli təhlil üsulundan istifadə edilir (IAEA-TECDOC-1401-2004). İstənilən

və təkrarlana bilən mənbə-detektor məsafəsi və geometriyasında sertifikatlaşdırılmış radioaktiv standart mənbələrlə (^{226}Ra üçün IAEA-RGU, ^{232}Th üçün IAEA-RGTh, ^{40}K üçün IAEA-RGK və ^{137}Cs üçün IAEA-Soil 375) spektrlər çəkilmişdir. Hər bir qamma pikinin xalis sahəsi ən azı 10000 və ya xalis pik sahəsinin qeyri-müəyyənliyi 3%-dən az olması üçün standart mənbələr 5000 saniyə ərzində hesablanır. Nümunələr üçün hesablama vaxtı 30000 saniyə olaraq müəyyən edilir. ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K və ^{137}Cs aktivliklərini hesablamaq üçün aşağıdakı piklərdən istifadə edilmişdir.



Şəkil 1.3. Qamma spektrometrin enerji kalibrləməsi və standart qamma mənbələri tərəfindən buraxılan qamma enerjilər

^{226}Ra üçün: 186 keV, 295 keV, 352 keV, 609 keV, 1120 keV, 1765 keV, ^{232}Th üçün: 583 keV, 911 keV ^{40}K üçün: 1461 keV və ^{137}Cs üçün: 662 keV. Eyni radionuklid üçün müxtəlif zirvələrdən alınan aktivlik dəyərləri sahə qeyri-müəyyənliklərindən istifadə etməklə orta çəkili metodla hesablanır. Spektr analizi üçün GamaVision proqram təminatından istifadə edilir. Daxili zəifləmə korreksiyası İSOC LABSOCS proqram təminatından istifadə edilməklə aparılır. Əgər yoxlanılan parametrlərdə kənar çıxma və yaxud sürüşmələr aşkar edilərsə “Energy Recalibration” yardımçı proqramı və ^{241}Am , ^{137}Cs və ^{60}Co standart nöqtəvi radioaktiv mənbələri vasitəsi ilə yenidən HPGe spektrometri kalibrə olunur.

6. Nümunədə təyin olunan radionuklidlərin xüsusi aktivliklərini təyin etmək üçün “Simple Information” panelindən nümunə haqqında informasiya (kütləsi, həcmi, nümunənin ID kodu, nümunə qabının hündəsi ölçüləri, kalibrə faylının ID kodu və analiz tarixi) daxil edilir.

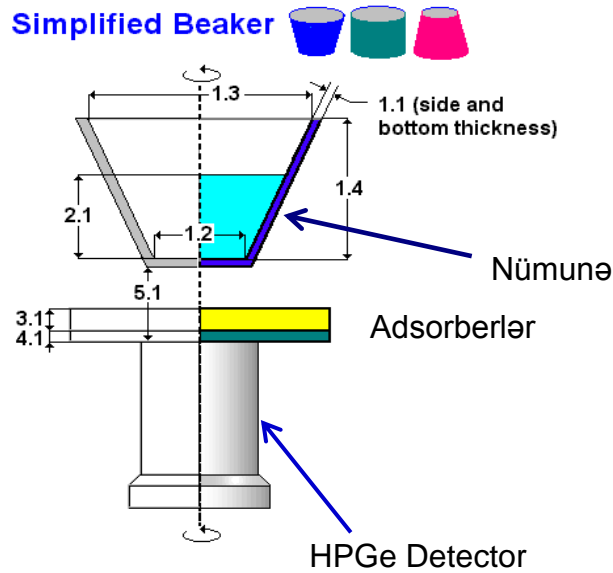
7. Analiz edilən nümunə detektor üzərinə yerləşdirilir və “Analyze” panelindən “Acquisition” aləti ilə spektrin çəkiləcək vaxtı daxil edilir $t_{\text{acquisition}}=86400\text{san}$. Genie 2000 proqramından “Start” düyməsi sıxılmaqla qamma spektrin çəkilişinə başlanılır.

8. Analiz olunan pikin sahəsinin xətası 2σ -dan kiçik qiymət ($P=95\%$ etibarlılıq) aldıqda spektrin çəkilişi dayandırılır və qamma spektr eyni ID kodla saxlanılır.

9. HPGe spektrometrdə qamma spektrin emalı və radionuklidlərin aktivliyinin təyini üçün aşağıdakı əməliyyatlar göstərilən ardıcılıqla aparılır.

- “Peak Locate & Unidentified and Definition” əmri vasitəsilə 0-8192 kanal intervalında qamma piklər tapılır, onların mərkəzinin enerjiləri müəyyənləşir.
- “Peak Area” əmri vasitəsilə 0-8192 kanal intervalında tapılmış qamma piklərin sahələri və yarım hündürlükdəki tam enləri (FWHM) hesablanır.
- “Area Corection & Std. Bkg Subtraction” əmri vasitəsilə tapılmış qamma piklərin sahələrindən radiasiya fonu hesabına yaranmış sahə korreksiya olunduqdan sonra çıxılaraq, nümunə hesabına formalaşmış qamma piklərin sahəsi hesablanır.
- Nümunənin effektivliyə görə kalibrəməni aparmaq üçün “Geometry Composer”

proqram təminatı vasitəsilə nümunə qabının həndəsi ölçüləri, nümunənin matrisinin element tərkibi, nümunə ilə detektor arasındakı məsafə, detektor üzərindəki adsorberlərin materialı və qalınlığı daxil edilir.



Şəkil 1.4. “Geometry Composer” proqram təminatı vasitəsilə nümunə qabının həndəsi ölçüləri

- “Efficiency Correction” əmri vasitəsilə həndəsi və daxili effektiviyə görə korreksiya olunur.

$$\varepsilon_{total} = \phi \cdot \psi \quad \psi = \frac{N}{N_D}, \quad \phi = \frac{N_D}{N_R} \quad \varepsilon_{total} = \frac{N}{N_R}$$

burada: ε_{total} – ümumi effektivlik;

ϕ – daxili effektivlik;

ψ – həndəsi effektivlik;

N – nümunədən çıxan qamma kvantların sayı;

N_D – detektorun üzərinə düşən qamma kvantların sayı;

N_R – detektorda reqistrasiya olunan qamma kvantların sayı.

Beləliklə, “Efficiency Correction” əmri vasitəsilə qamma spektrometrində nümunədən çıxan qamma kvantların hansı hissəsinin detektor tərəfindən qeyd olunması müəyyənləşdirilir.

- “Nuclide Identification & NID with Interferens Correction” əmri vasitəsilə tapılan qamma piklər interferensiya uyğunluq yoxlama prinsipinə əsasən hansı radionuklidə aid olması müəyyənləşdirilir və aşağıdakı göstərilən ifadəyə əsasən nuklidin aktivliyi və xüsusi aktivliyi müəyyənləşdirilir.

$$A = \frac{S}{\varepsilon \gamma \tau}, \quad A_x = \frac{A}{m_n}$$

burada: A – ümumi aktivlik, Bk;

ε – ümumi effektivlik;

γ – E_γ enerjili qamma kvantın çıxımı;

τ – spektrin çəkilmə vaxtı, san.

Qamma-spektrometrdə izotoplarının aktivlikləri müşahidə edilən fotopikləərə əsasən təyin edilir.

3. Habelə layihə çərçivəsində istifadə olunacaq bu analitik avadanlıqlar "Azərbaycan Metrologiya İnstitutu" publik hüquqi şəxsi ilə bağlanmış müqavilə çərçivəsində "Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi haqqında" Azərbaycan Respublikası Qanununun 2.2.1-ci maddəsinə əsasən illik dövrü yoxlamadan keçirilmiş və müvafiq sertifikatlarla təmin olunmuşdur.
4. Radium-226 və Aktinium-225 radioizotoplarının qamma və alfa spektrometrik metodla məhlulda və sorbentdə minium detektə oluna bilmə limitləri (MDA dəyərləri) aşkar edilmiş, təyini metodikaları hazırlanmış və model standart məhlullarda radioizotopların həcmi aktivlikləri (mBq) və kimyəvi qatılıqları (fq/L) təyin edilə bilinməsi aşkar edilmişdir.
5. Layihə çərçivəsində alınacaq cihaz, kimyəvi reagentlər, habelə hədəf radioaktiv izotopların siyahısı müəyyən edilmişdir.
6. Layihənin planına uyğun olaraq Ac-225 radioaktiv izotopun sintez mühitindən effektiv üsulla saflaşdırılaraq ayrılması üçün funksional qruplu yeni seçici sorbentlərin sintez edilmişdir.

Bu məqsədlə aktinium elementinin analitik kimyası əraflı öyrənilmiş və ədəbiyyat təhlili hansı funksional qruplarla aktinium ionunun davamlı komplekslər əmələ gətirməsi müəyyənləşdirilmişdir. Bu məqsədlə Actinium-225-liqand qarşılıqlı təsirinin təbiətinə, liqand və mərkəzi ionun homogenliyinə görə kompleks birləşmələr yarada bilən sorbentlərin sintez edilmişdir. Həmin funksional qruplar saxlayan sobentlərin sintezində matris kimi sellüoza və liqnin istifadə edilmişdir. Bu polimer zəncirinin seçilməsində əsas məqsəq analitik əhəmiyyətə malik kompleks birləşmələrin sabitlik, polyar fazada həllolma, dəyişkən kordinasiyalı, kompleksəmələgətirmədə fəza cəhətdən əlverişlilik, spektral xüsusiyyətlər və ən əsas geniş modifikasiya uğradıla bilmək xassələrinin varlığı olub.

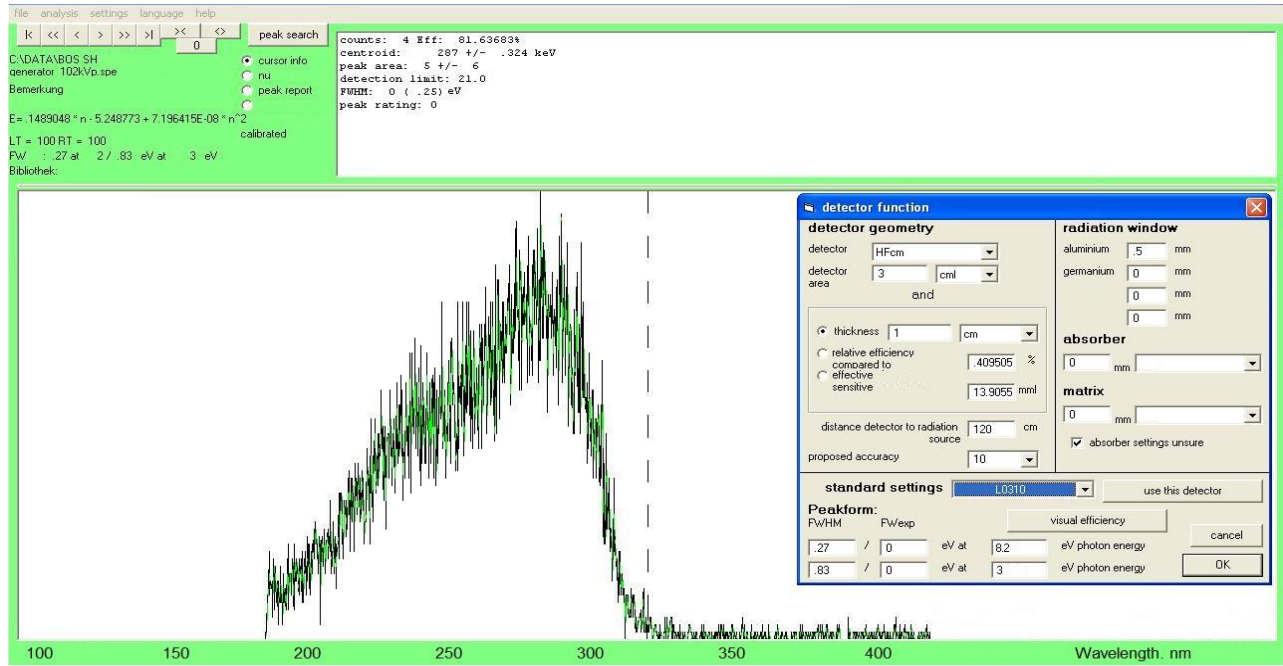
Sürətləndirilmiş protonların Ra-226 hədəfinə təsiri nəticəsində (p,2n) nüvə reaksiyaları ilə Ac-225 radioizotopunun sintezindən sonra hədəfdən Ac-225-in seçici ayrılması üçün tərkibində - tributil fosfat (TBF), di-2-etilheksilfosfor turşusu (D2EHFT), trioktilamonium (TOA), arsenazo-III, EDTA və 4-aminoantipirin olan modifikatlar sintez edilmişdir. Sintez metodikası aşağıdakı kimi aparılmışdır.

Sellüloza və liqnin fosfo-xlorlaşdırılması metodikası. Həcmi 500 ml olan qurudulmuş maqnitli qarışdırıcı ilə təchiz edilmiş üçboğazlı kolbaya (şəkil 1.6) kütləsi 50q 125÷250µm ölçülü sellüloza tökülür. Üzərinə 250ml CCl₄ məhlulu əlavə edilir. Kolba maye fazaya salınmış termometrə, buzla soyudulan soyuducu və oksigen qazı vermək üçün qazaparan boru ilə təchiz edilir. Təzə qovulmuş PCl₃-ün hesablanmış miqdarı sellüloza məhlulunun üzərinə 3 dəfəyə hissə-hissə tökülür.

Qatı sulfat turşusu ilə qurudulmuş oksigen qazı dəqiq nizamlayıcı ventillə reometr vasitəsilə müəyyən sürətlə reaksiya mühitindən buraxılır. Sintezin ilk 50 dəq müddətində reaksiya mühiti 55-60°C-yə qədər qızır. Reaksiyadan alınmış HCl qazı buzla soyudulan əks soyuducudan keçərək 1.0 N NaOH məhlulu ilə udulur. Reaksiya kolbasından həlledici CCl₄, əlavə məhsul POCl₃ və reaksiyaya girməmiş PCl₃ su nasosu vasitəsilə qovulur. Sellülozanın xlorfosforlaşdırma reaksiyası otaq temperaturunda 3 saat müddətində "Philips TUV PL-L 18W/4P" markalı 4 Pinli işıq mənbəyinin UVC şiddəti 54.5 mkVt/sm² olan ağ işıqla işıqlandırmaqla aparılmışdır. Xlorfosforlaşdırma reaksiyasının gedişi zamanı tələb olunan ultrabənöbşəyi işığın dalğa uzunluğuna (Şəkil 1.5) UV-1280 UV-Vis Spectrophotometri vasitəsi ilə nəzarət edilmişdir.

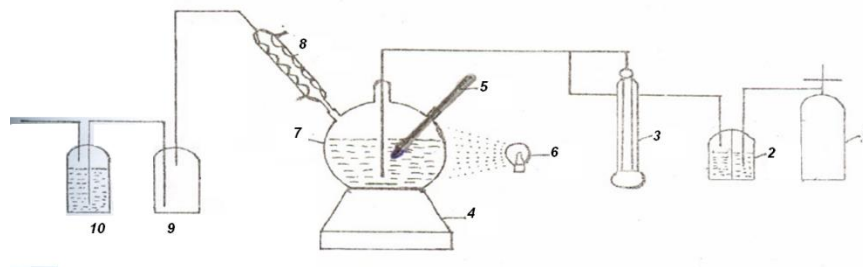
Sellülozanın oksidləşmə xlorfosforlaşma məhsullarında fosfonil və fosforil dixlorid qrupları

əmələ gəlir ki, bu funksional qruplarda P–Cl rabitələri çox fəal olurlar. Bu aktiv rabitələrdə kimyəvi çevrilmələr apararaq polifunksional sorbentlər sintez edilmiş və onların sorbsiya xassələri tədqiq edilmişdir.



Şəkil 1.5. Xlorfosforlaşdırma reaksiyasının gedişi zamanı tələb olunan ultrabənövşəyi işığın UVC şüalanma spektri

Alınmış modifikatın üzərinə 750 q distillə suyunun dərin dondurulmuş temperaturu -18°C olan buzu əlavə etməklə hidroliz aparılır. Modifikatın hidrolizi ekzotermik və HCl qazının ayrılması səbəbindən kəskin köpüklənmə baş verdiyindən hidrolizin ilk anları aşağı temperaturda aparılmalıdır. HCl qazının ayrılması sürəti azaldıqca qarışığın temperaturu 60-70°C-ə qədər yüksəldilir və 3 saat müddətində qarışdıraraq hidroliz davam etdirilir. Hidroliz olunmuş modifikat distillə suyu ilə neytral reaksiyaya qədər yuyulduqdan sonra vakuum sobasında 50°C-də sabit kütləyə qədər qurudulur və narıncı-qəhvəyi rəngli, tərkibində fosfon və fosfat turşu qrupları olan qranul sellüloza modifikatı alınmışdır.



Şəkil 1.6. Sellülozanın oksidləşmə xlorfosforlaşma sintezini aparmaq üçün laboratoriya qurğusunun sxemi

1 – oksigen balonu, 2 – qatı H₂SO₄ tökülmüş şüşə qab, 3 – reometr, 4 – termostat, 5 –

termometr, 6- lampa, 7 – oksigen vermək üçün yumrudib üçboğazlı sintez kolbası, 8 – əks soyuducu, 9-10 uduclar.

Sellülozanın oksidləşmə xlorfosforlaşma məhsullarında fosfonil və fosforil dixlorid qrupları əmələ gəlir ki, bu funksional qruplarda P–Cl rabitələri çox fəal olurlar. Bu aktiv rabitələrdə kimyəvi çevrilmələr apararaq polifunksional sorbentlər sintez edilmiş və onların sorbsiya xassələri tədqiq edilmişdir

7. Layihənin əsasən aktinium izotoplarını seçici sorbsiya etmək üçün yeni xelatəmələgətirici sorbentlər sintez edilməsi metodikası, habelə sorbentin Ac-225 radioizotopunun sorbsiyasının effektivliyini müəyyən etmək məqsədi ilə fiziki-kimyəvi xassələrindən, o cümlədən məhlulun pH-ı, qatılığı, məhlulun temperaturu, sorbsiya desorbsiya kontakt müddəti kimi kinetik parametrlərinin müəyyən edilməsi kimi metodikalar mənimsənilmişdir.

8. Layihənin müddətində edilmiş dəyişiklikləri nəzərə alaraq, Siklotonda sürətləndirilmiş protonların Ra-226 hədəfinə təsiri nəticəsində (p,2n) nüvə reaksiyaları ilə Ac-225 radioizotopunun sintezinin optimal rejiminin TALYS-1.95 proqram təminatı vasitəsi ilə nəzəri hesablanmışdır.

9. TALYS-1.95 proqram təminatı vasitəsi ilə müxtəlif Siklotonlarda sürətləndirilmiş protonların təsiri nəticəsində (p,2n) nüvə reaksiyaları ilə Ac-225 radioizotopunun sintezi prosesinin protonun enerjisindən asılılığı və optimal rejimin enerjisinin müəyyənləşdirməsi tədqiqatları aparılmışdır.

Nəticələr hesabatın 3-cü bölməsində şərh edilmişdir.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (faizlə qiymətləndirməli)

Layihə üzrə tədqiqatın strukturuna əsasən nəzərdə tutulmuş 8 iş, 4 mərhələlərdə qruplaşdırmışdır. Layihənin bütün mərhələsi üzrə nəzərdə tutulmuş işlər tam yetirilmişdir. Layihə üzrə nəzərdə tutulmuş işlərinin bir hissəsi ölkəmizdə praktiki icrası mümkün olmayan işlərin görülməsi üçün Portuqaliyanın Coimbra Universitetinin siklortonunda sintez edilməsi və nəticələrin emalı üçün layihə daha üç ay uzadılmışdır.

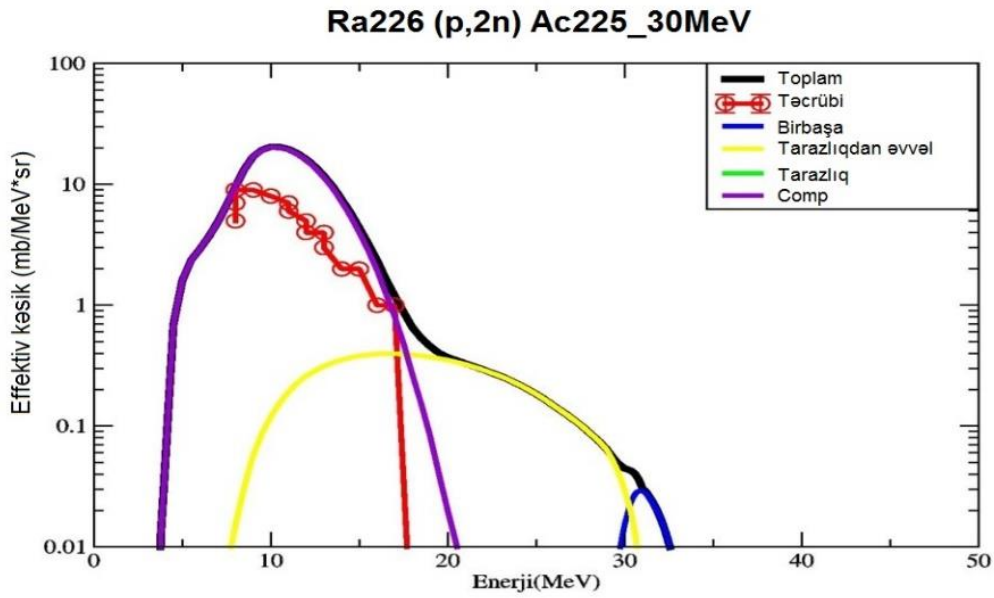
Planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcələri:

Layihə üzrə - 100 %

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr** (onların yenilik dərəcəsi, elmi və təcrübi əhəmiyyəti, nəticələrin istifadəsi və tətbiqi mümkün olan sahələr aydın şəkildə göstərilməlidir)

Layihə çərçivəsində ilk dəfə olaraq TALYS-1.95 proqram təminatı vasitəsi ilə aşağı enerjili proton sürətləndicilərində (p,2n) reaksiyası ilə Ra-226 izotopundan hədəf kimi istifadə edərək, sürətləndirilmiş protonlarla Ac-225 radioizotopunun sintezinin effektiv kəşik qiymətləri hesablanmış və təcrübi qurğuda gedən proseslər GEANT 4 simulyasiya proqramında modelləşdirilmişdir.

Bu mərhələdəki nəzəri hesablamaların məqsədi sürətləndirilmiş protonun optimal enerjisinin seçilməsi və nüvə reaksiyasının çıxımının hesablanmasıdır.

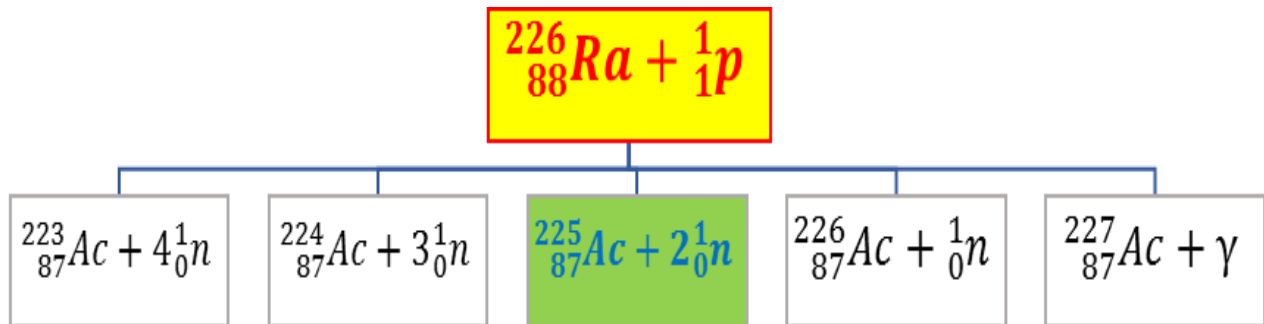


Şəkil 3.1. Ra-226 hədəfi ilə sürətləndirilmiş protonların təsiri nəticəsində Ac-225 radioizotopunun sintezinin effektiv kəsiyinin qiymətinin protonun enerjisindən asılılığı (TALYS-1.95)

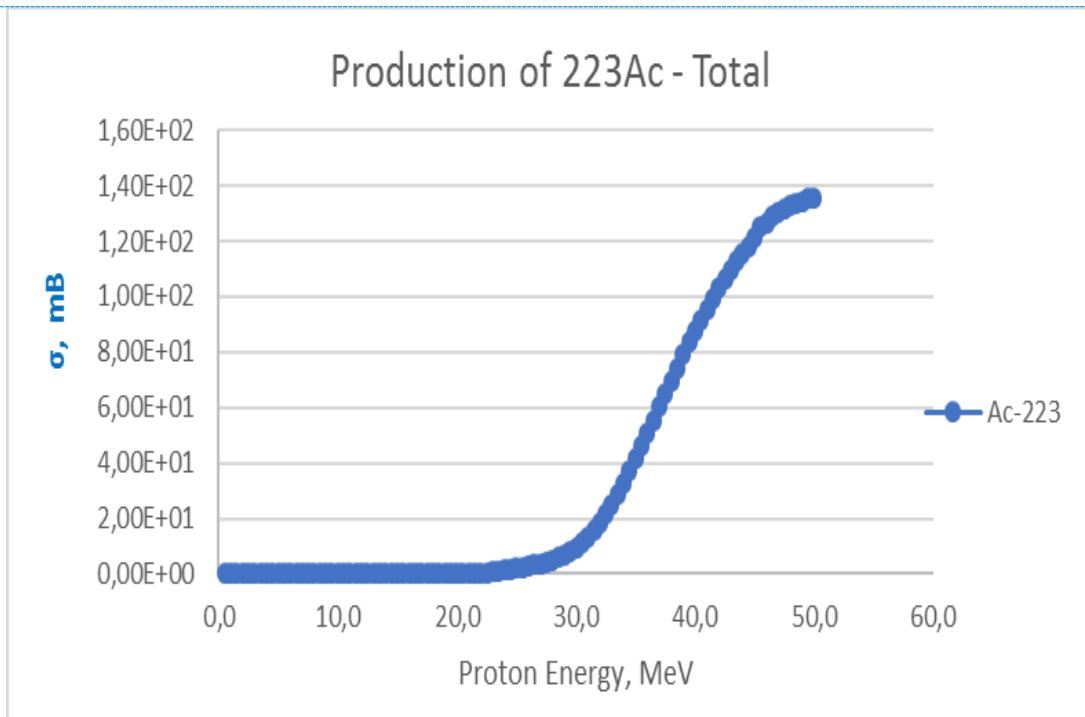
TALYS-1.95 proqram təminatı vasitəsi ilə hesablanmış diametri 7 mm, 10 nm qalınlıqlı Ra-226 hədəfi ilə 30 MeV sürətləndirilmiş protonun Ac-225 radioizotopunun sintezinin effektiv kəsiyinin ilkin qiymətləri, nəzəri hesablanmış qiymətlər ilə təcrübələrdə əldə edilən qiymətlərlə müqayisəli infiqrafik təsiri şəkil 3.1də verilmişdir.

3.1. Sintez zamanı radium hədəfində arzuolunmaz aktinium izotoplarının təmizlənməsi

GEANT 4 simulyasiyası və TALYS-1.95 proqram təminatı istifadə edillərək, Ra-226 radioizotop tərkibli hədəfin sürətləndirilmiş protonların bombardman edilməsi zamanı münkün nüvə reaksiyalarında bəzi arzuolunmaz aktinium izotoplarının əmələ gələcəyi müəyyən edilmişdir.

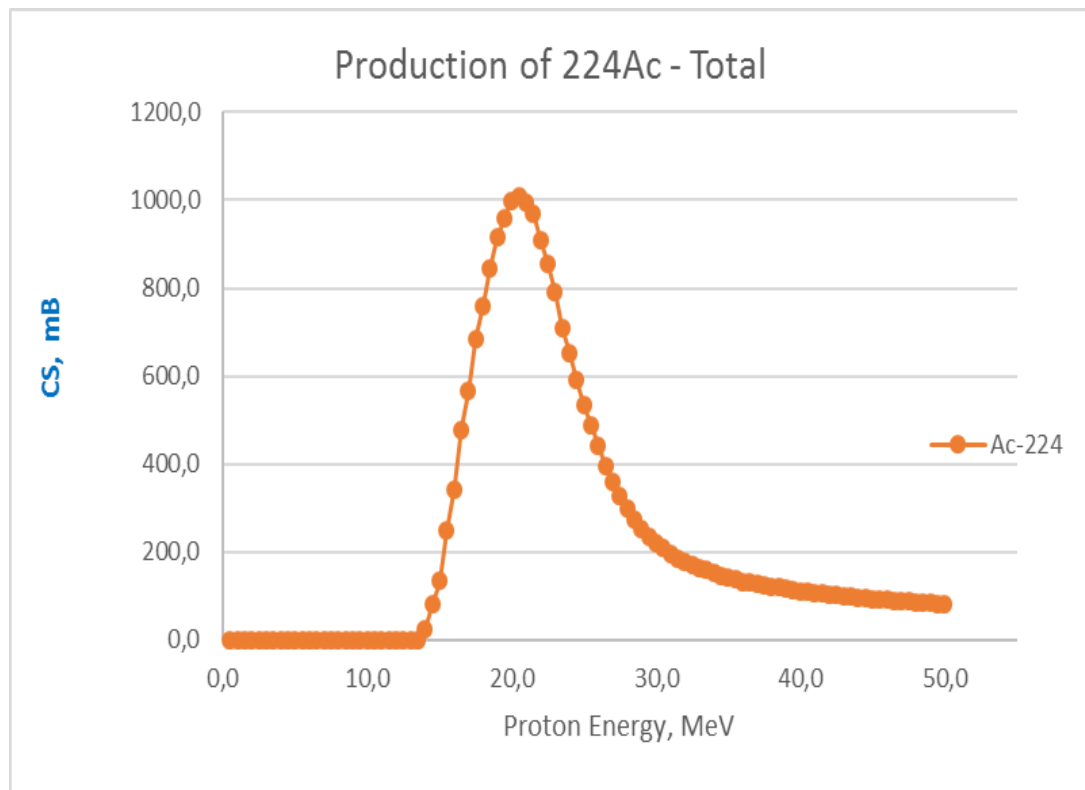


Diametri 7 mm, 10 nm qalınlıqlı Ra-226 hədəfi ilə 30 MeV sürətləndirilmiş protonun (p,n) nüvə reaksiyasında hər bir reaksiya məhsulu izotopu üçün radioizotopunun effektiv kəşik qiymətlərinin hesablanmışdır. Nüvə reaksiyasında alınan hər bir radioizotopun hər biri üçün çıxımının hesablanması üçün sürətləndirilmiş protonun optimal enerjiləri müəyyən edilmişdir.



Ep max > 50 MeV **σ=136 mB**

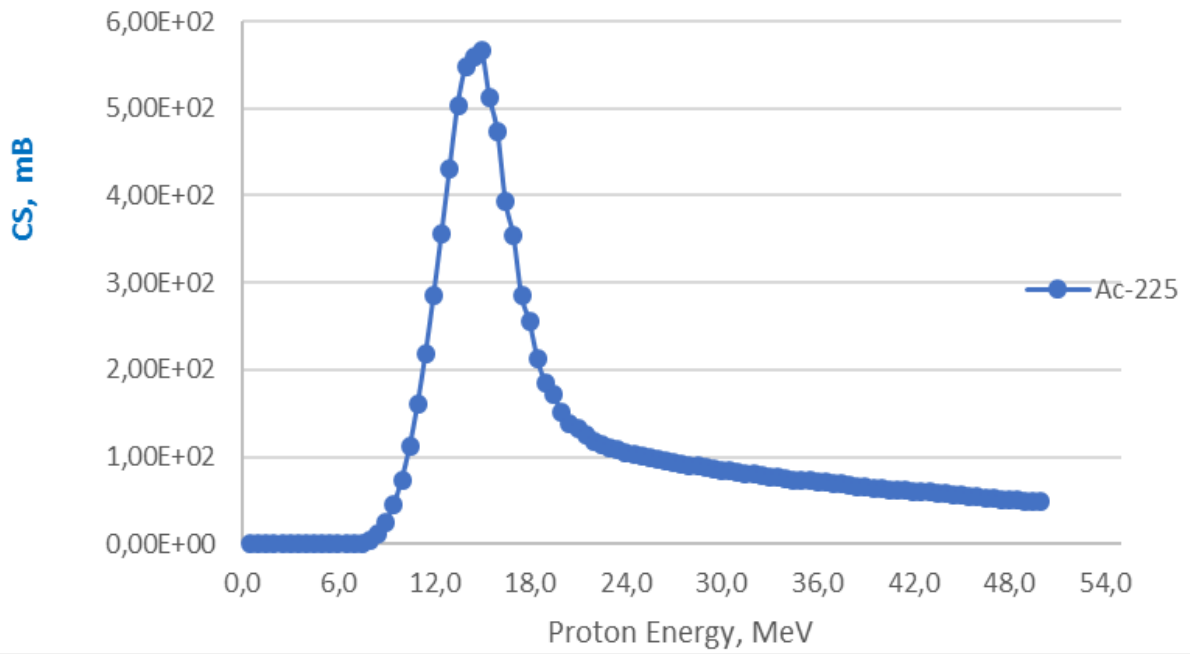
$T_{1/2}=2,10$ dağ



Ep max= 20.5 MeV **σ=1010 mB**

$T_{1/2}=2,78$ saat

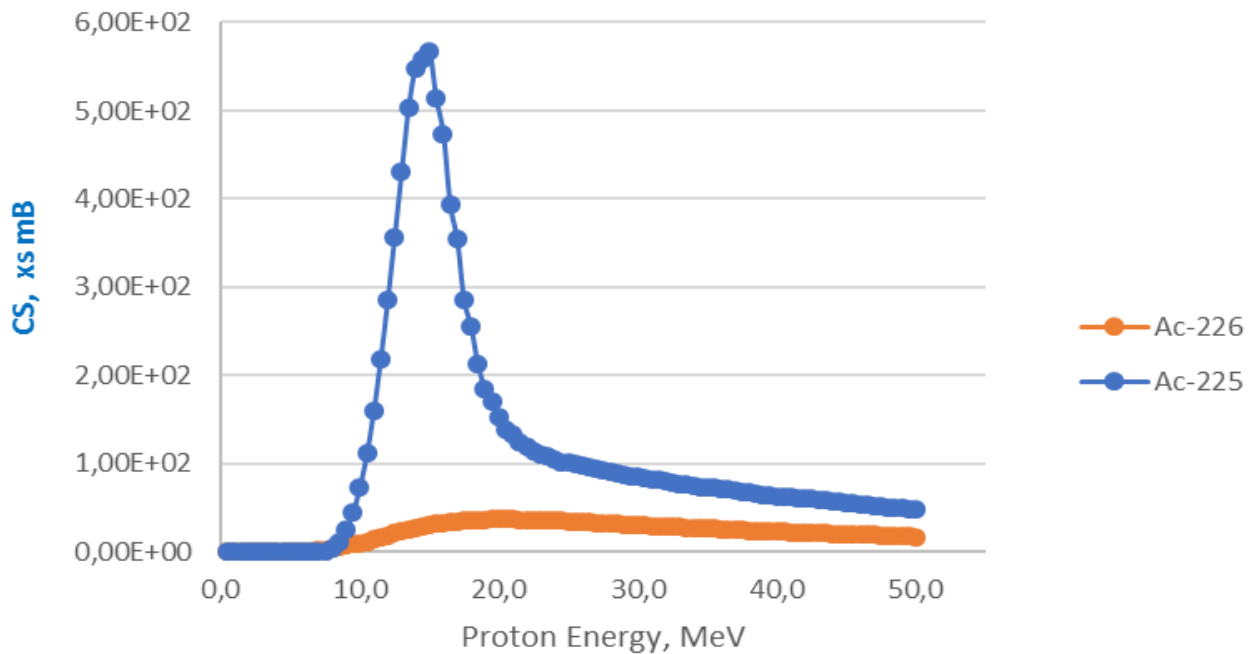
Production of 225Ac - Total



Ep max = 15 MeV $\sigma=567$ mB

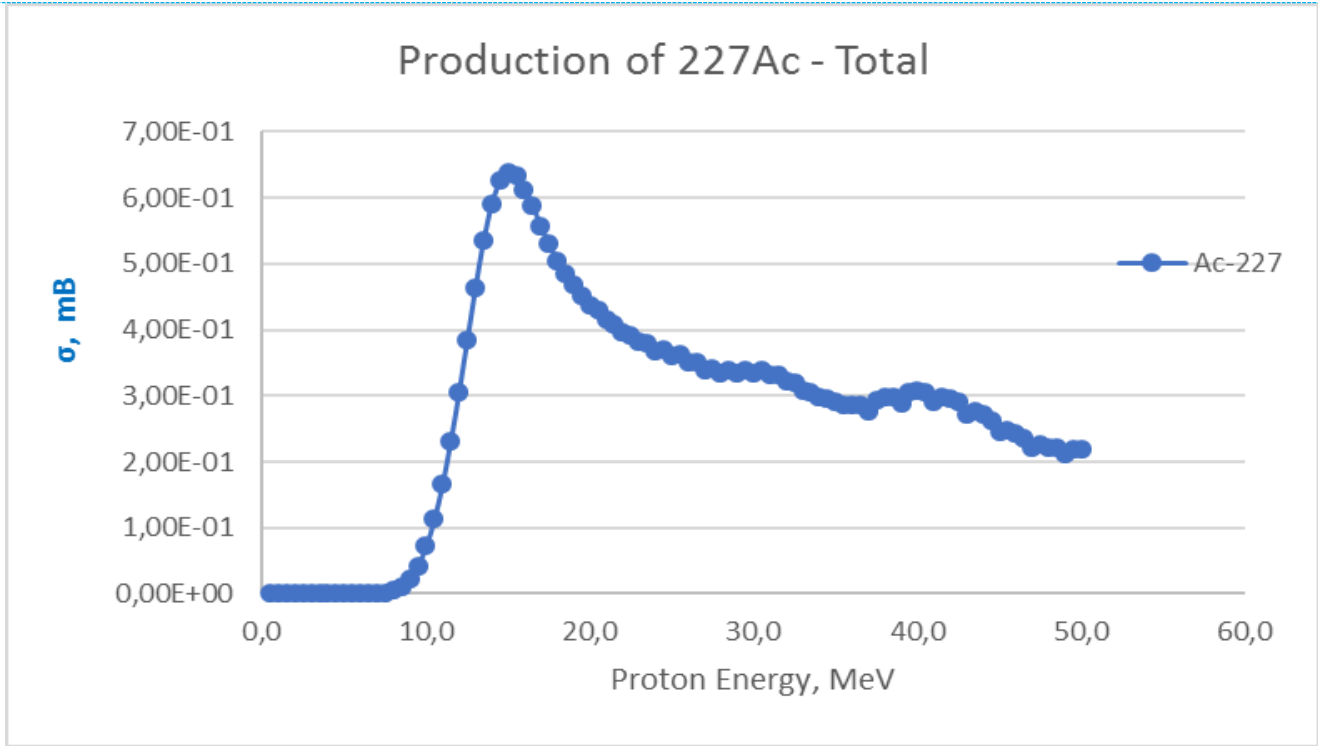
$T_{1/2}=9,92$ gün

Production of 225Ac and 226Ac - Total



Ep max= 15 MeV $\sigma=0,64$ mB

$T_{1/2}=21,77$ il



$E_p \text{ max} = 20.5 \text{ MeV}$ $\sigma = 37 \text{ mB}$

$T_{1/2} = 29,37 \text{ saat}$

Şəkil 3.2. Reaksiyada Aktinium izotoplarının əmələgəlmə xarakteristikası;
Radioizotopların En kəşik qiymətlərinin proton enerjisindən asılılığı

GEANT 4 simulyasiyası və TALYS-1.95 kodu tətbiq edilməklə Ra-226 və proton reaksiyasından Ac-225 radioizotopu ilə yanaşı daha 4 arzuolunmaz aktinium (Ac-223, Ac-224, Ac-226 və Ac-227) radioizotopunun əmələ gələcəyi müəyyən edilmişdir.

Radiofarmasevtik dərman vasitəsi istehsalına yararlı olan Ac-225 radioizotopunun gözlənilən məhsuldarlığını maksimum olması üçün protonun enerjisi 15 MeV oblasında sabit saxlamaqla təxminən 640 mb effektiv kəşik qiyməti əldə edilməsi aşkar edilmişdir. $^{226}\text{Ra} (p,2n) ^{225}\text{Ac}$ reaksiyası üçün hədəfə qədər mövcud filterləri nəzərə alınmaqla ən yüksək en kəsiklərini göstərən enerji intervalında 15,6 MeV hədəf enerjisi müəyyən edilmişdir.

3.2 Ac-225 radioizotopunun seçici sorbsiyası üçün sorbentin sintezi

Sellüloza və liqninin oksidləşmə xlorfosforlaşması məhsullarının modifikasiyası

Xlorfosforlaşdırılmış sellüloza modifikatı CCl_4 mühitində tributil fosfat (TBF), di-2-etilheksilfosfor turşusu (D2EHFT), trioktilamonium (TOA), arsenazo-III, trioktilifinoksid, EDTA və 4-aminoantipirinlə işlənməklə modifikasiya edilmişdir.

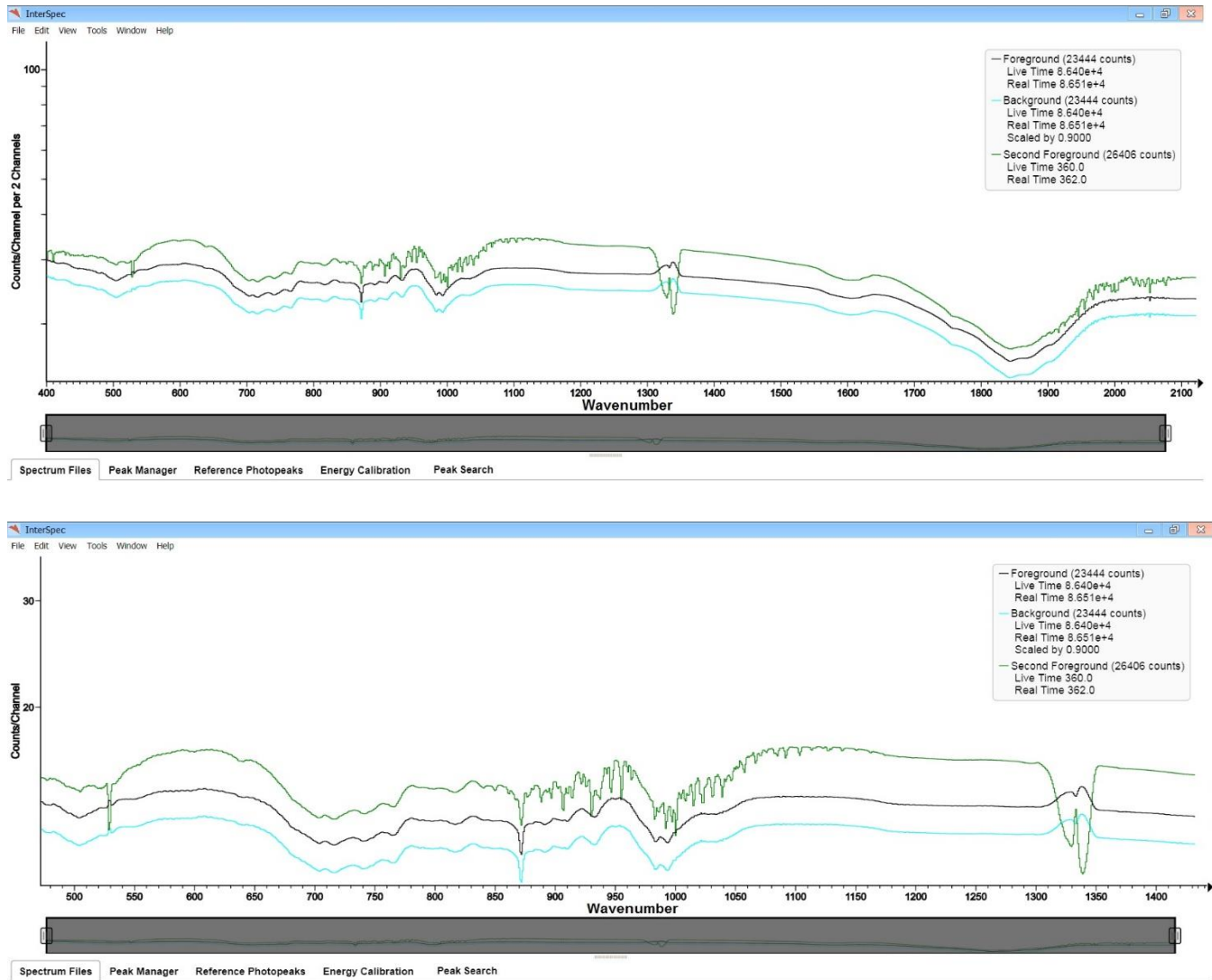
Tributilfosfat və trioktilifinoksidin CCl_4 -də 10%-li məhlulları üzərinə 5q tüstülənən fosfordixlorid qruplu sellüloza modifikatı əlavə edilir və 30°C -yə qədər temperaturun yüksəlməməsinə nəzarət olunaraq 4 saat müddətində qarışdıraraq solvoliz aparılmışdır.

Anoloji proses arsenazo-III, EDTA və 4-aminoantipirin 5q/l qatılıqlı CHCl_3 məhlulu ilə aparılmış və xlorfosforlaşdırılmış sellülozanın uyğun törəmələri alınmışdır. Sonra alınmış modifikatlar distillə suyu ilə neytral mühit alınana kimi yuyulmuşdur. Modifikatlar su və asetonla yuyulduqdan sonra

vakuumda 50°C-də qurudulmuş və sorbsiya prosesi və quruluşun tədqiqi üçün lazımı hala gətirilmişdir.

3.3. Modifikatların İQ spektroskopiya metodu ilə quruluşunun tədqiqi

Modifikasiya olunmuş sellülozanın tributil fosfat (TBF), di-2-etilheksilfosfor turşusu (D2EHFT), trioktilamonium (TOA), arsenazo-III, trioktilfisinoksid, EDTA və 4-aminoantipirin modifikatlarının kimyəvi quruluşu identifikasiyası infraqırmızı (İQ) spektroskopiya metodu ilə aparılmışdır. Şəkil 3-də ilkin sellüloza və reaksiya nəticəsində alınan modifikatın infraqırmızı spekri göstərilib. Şəkildən görüldüyü kimi ilkin sellülozanın İQ spektrində molekullarası və molekul daxili hidrogen rabitəsinin siqnalı $3526\pm 3089\text{cm}^{-1}$ geniş udma zolağı var.



Şəkil 3.3. Xlorfosforlaşdırılmış sellülozanın CCl_4 mühitində di-2-etilheksilfosfor turşusu (D2EHFT) ilə işlənmiş modifikatı (yaşıl), su ilə hidroliz edilmiş modifikatın İQ spekri (mavi); ilkin sellülozanın İQ spekri (qara)

Bu geniş udma zolağı iki qonşu qlükopiranoza həlqələrində ($\text{O}^3\text{H}\dots\text{O}^5$) atomları arasında

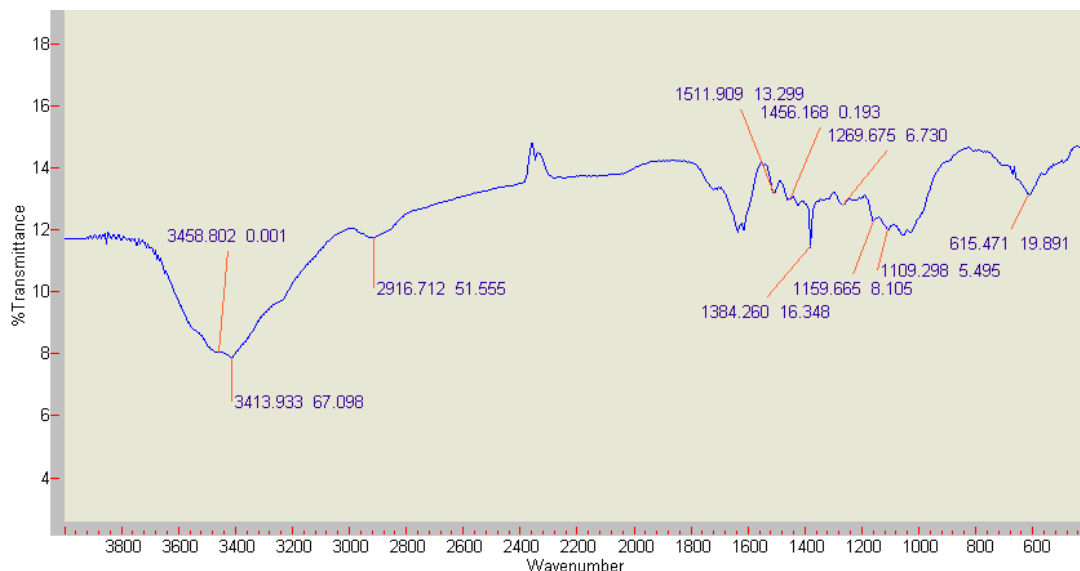
molekul daxili hidrogen rabitəsinin, ($O^6H...O^{1n}$, $O^2H...O^{6n}$) atomları ilə molekullararası hidrogen rabitəsi hesabına yaranır. Şəkildən görüldüyü kimi modifikatın İQ spektrində $3542\div 3108\text{sm}^{-1}$ geniş

udma zolağının intensivliyinin azalması sintezdən sonra sellüloza zəncirində molekullararası və molekul daxili hidrogen rabitələrin azalmasını göstərir. Buna səbəb PCl_3 -ün sellüloza zəncirini destruksiya etməsi, və $[-C^6H_2OH]$ qrupuna $[-C^6H_2-O-PO(OH)_2]$ fosfat qrupunun tikilməsi hesabına yaranan fəza çətinliyi hesabına molekullararası hidrogen rabitələrinin sayının azalmasıdır.

İlkin sellülozanın İQ spektrində $1635-1658\text{sm}^{-1}$ udma zolağına malik H-O-H kristallaşma suyunun varlığını göstərən siqnal var. Şəkildən görüldüyü kimi modifikatın İQ spektrində bu zolağın intensivliyi artıb. Bu faktı sellüloza zəncirinə $[-C^6H_2-O-PO(OH)_2]$ fosfat qrupunun tikilməsi hesabına hiqroskopikliyin artması ilə izah etmək olar.

Şəkildən görüldüyü kimi ilkin sellülozanın İQ spektrində (qara) birli spirt qrupuna $[-C^6H_2-OH]$ malik olan OH qrupunun rəqsi hesabına yaranan və mərkəzi $900-1150\text{sm}^{-1}$ -ə düşən udma zolağı mövcudur. Modifikatın İQ spektrində (yaşıl) bu udma zolağının intensivliyi kəskin azalmışdır. Həmçinin, modifikatın İQ spektrində (qara) ilkin sellülozanın İQ spektrində olmayan mərkəzi 565sm^{-1} -ə düşən və assosiasiya olunmuş fosfat qrupun xarakterik udma zolağı yaranmışdır. Mərkəzi 1160sm^{-1} olan udma zolaqlı modifikatın İQ spektrində görünməməsinin səbəbi, $[O=PCl_2]~$ birləşməsinin qlükopiranoza həlqəsinə birbaşa deyil, məhz biratomlu spirt qrupundakı $[-C^6H_2-OH]$ oksigen körpüsü vasitəsi ilə birləşməsini göstərir.

Alınmış modifikat məsamələrində qalmış HCl molekullarından təmizlənmək üçün 24 saat $0.5M$ NaOH məhlulunda $40-50^\circ C$ temperaturda maqnit qarışdırıcıda qarışdırılaraq Na formasına keçirilir, sonra neytral mühit alınana kimi bidistillə suyu ilə yuyulub qurudularaq $400-4000\text{sm}^{-1}$ sahəsində İQ spektri çəkilmişdir.



Şəkil 3.4. Xlorfosforlaşdırılmış $-PO(OH)_2$ qruplu sellüloza modifikatının Na formasının $400-4000\text{sm}^{-1}$ sahəsində İQ spektri

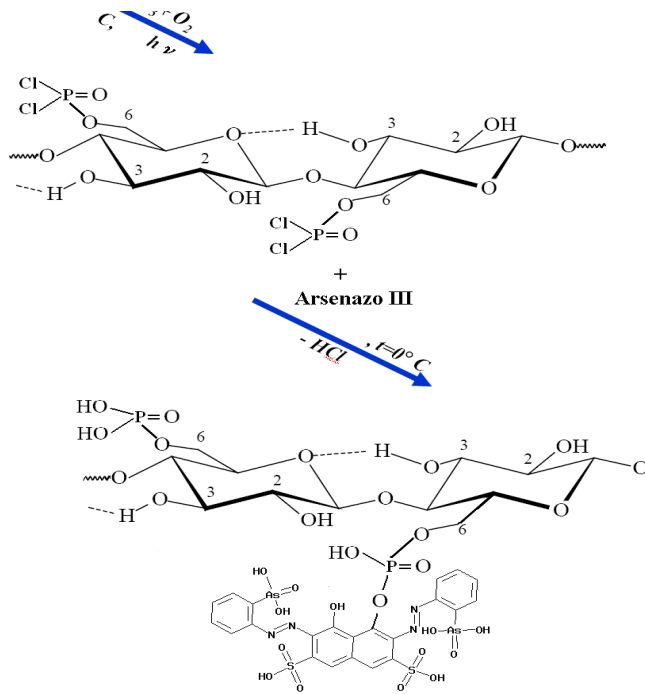
İnfraqırmızı spektroskopiyada tərkibində fosfor saxlayan turşular $950\div 1285\text{sm}^{-1}$ zolağında güclü adsorbsiya ilə müşahidə olunurlar. $P=O$ qrupunun adsorbsiyası göstərir ki, dialkil əvəz olunmuş turşularda rəqsin tezliyi 1225sm^{-1} , monoəvəzlənmiş turşulara nisbətən sürüşərək 1225sm^{-1} -də

udulur. Bu zolaqda fosfor saxlayan turşuların Na duzları $1150\div 1220\text{sm}^{-1}$ sahəsinə sürüşərək, nəticədə fosforil rəqsinin enli hissəsinin itməsinə səbəb olur. Fosforil rəqsinin enli hissəsinin itməsi $\sim\text{POO}$ qrupunun asimmetrik və simmetrik rəqslərinə uyğun 2 intensiv pik yaradır.

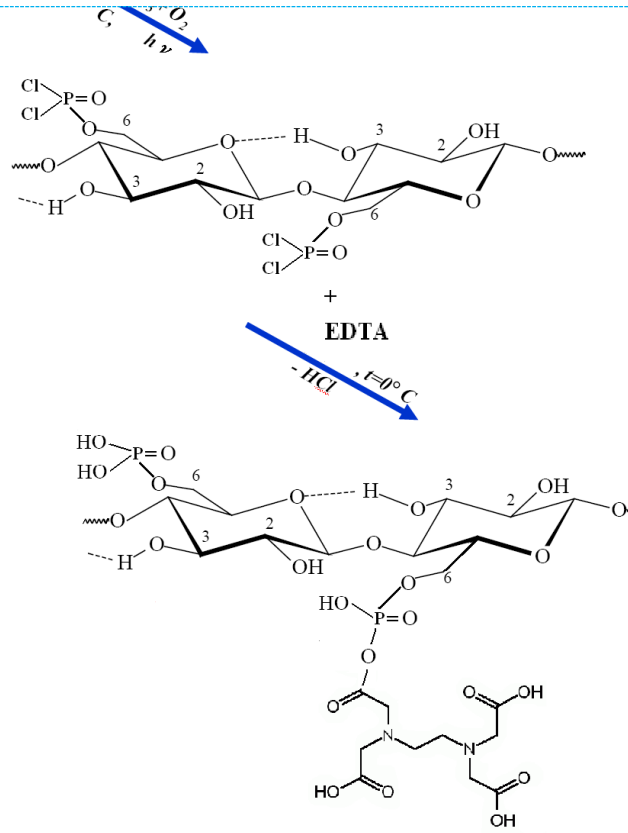
$\sim\text{POO}$ qrupunun asimmetrik rəqsi 1210sm^{-1} -dən 1282sm^{-1} -ə kimi sürüşür. Lakin 1060sm^{-1} -də müşahidə olunan simmetrik rəqslər isə yerini dəyişməyərək sabit qalır. Əksər hallarda $2300\div 2700\text{sm}^{-1}$ sahəsində udma zolağı $\sim\text{OH}$ qrupunun valent rəqslərinin nəticəsində yaranır. 2300sm^{-1} sahəsində müşahidə olunan pik hidrogen rabitəsinin kombinasiyasıdır. Bəzən bir çox nümunələrdə 2300sm^{-1} udma zolağı zəif intensivlikli 2700sm^{-1} zolağına nisbətən daha çox informasiya verir.

Şəkil 3.5 və şəkil 3.6-da görünən 1160sm^{-1} -ə uyğun gələn $\text{P}=\text{O}$ qrupunun valent rəqsləridir. Bu sahə $\text{P}=\text{O}$ qrupu ilə əlaqədar rəqslərin aşağı sərhədlərdə yerləşdiyi üçün hidrogen rabitəsinin olduğunun göstəricisidir. Bu sahədə ədəbiyyat icmalından məlum olur ki, OH qrupu valent rəqsləri oksigenlə birləşmiş atomların (məs: karbon, fosfor, azot) təbiətindən az asılıdır. Lakin $\sim\text{P}-\text{OH}$ rabitəli qruplu turşu xassəli birləşmələrdə hidrogen rabitəsi karbon turşularına nisbətən daha intensiv müşahidə olunur. Polimerlə əlaqəli $\sim\text{PO}(\text{OH})_2$ qrupunda 2300sm^{-1} udma zolağında müşahidə olunan OH valent rəqsləri Na duzu iştirakında İQ spektrdə təsir etdiyi üçün bu sahəni hidrogen rabitəsinə aid etmək olar.

Beləliklə yuxarıda deyilənləri nəzərə alaraq biz, CCl_4 mühitində molekullar oksigen iştirakında sellülozanın xlorfosforlaşma reaksiyasını və əmələ gəlmiş modifikatın hidroliz reaksiyasını aşağıdakı kimi təklif edirik.



Şəkil 3.5. CHCl_3 mühitində arsenazo III ilə $\sim\text{POCl}_2$ qruplu sellüloza modifikasiyası

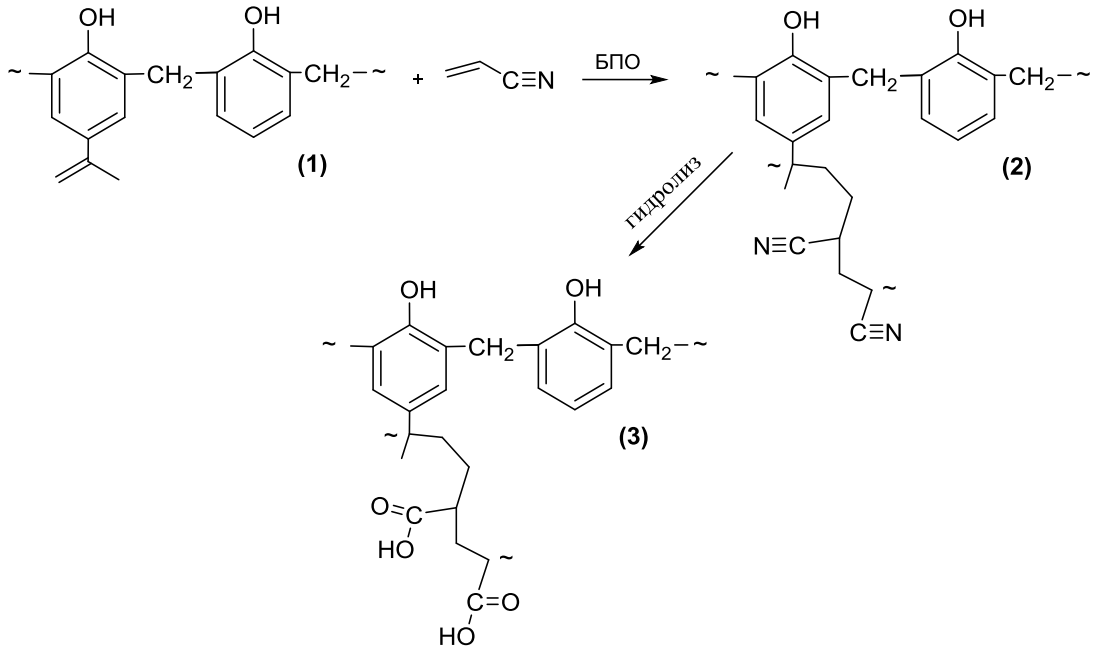


Şəkil 3.6. CHCl_3 mühitində EDTA ilə $\sim\text{POCl}_2$ qruplu sellüloza modifikasiyası

Sellüloza CCl_4 mühitində, molekulyar oksigen verməklə və PCl_3 -lə işlənilməklə alınmış $\sim\text{POCl}_2$ qruplu sellüloza modifikatı xlorform mühitində tributilfosfat, arsenazo III, trioktilfosfinoksid, EDTA və 4-aminoantipirinlə işlənilməklə yenidən modifikasiyaya uğradılmışdır. Bu zaman $\sim\text{POCl}_2$ qrupundakı fəal P-Cl rabitəsi asanlıqla qırılır və sellüloza matrisinə yeni funksional qrupların tikilməsi baş verir. Modifikatların müxtəlif reagentlərlə işlənməsi başa çatdıqdan sonra neytral mühit alınana kimi bidistillə suyu ilə yuyulmuşdur. Sorbentdə fosfat və onun törəmə qruplarının varlığı potensiomtrik titrləmə metodu ilə tədqiq olunmuşdur.

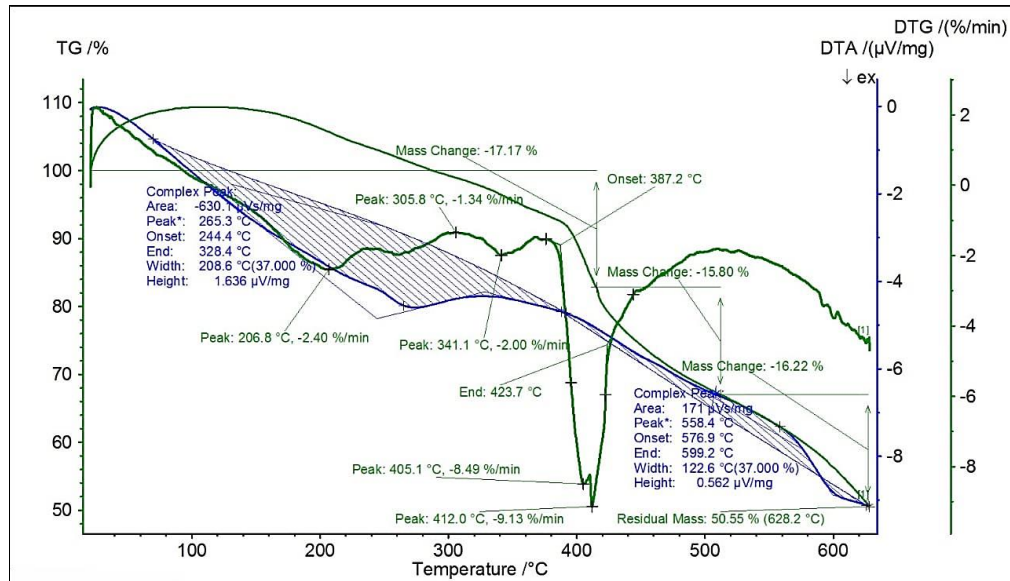
Ac-225 radioizotopunun seçici selektiv sorbsiyası məqsədi ilə Akrilonitril və BPO iştirakı ilə 4-izopropenilfenol, fenol və formaldehidin üçlü doymamış sooliqomerlərinin strukturlaşdırılması aparılmışdır. Hidrolizdən sonra oliqomer zəncirlərin struktur xüsusiyyətləri (ikiqat rabitə, OH qrupu, CN) müxtəlif metodlarla analiz edilmişdir. İstifadə edilən üçlü sopolimer-oligomerlər sink asetatın iştirakı ilə sintez edilmişdir.

Onların strukturları, fenol qrupları arasında metilen efir fraqmentlərini ehtiva edir ki, bu da çarpaz əlaqənin əmələ gəlməsi prosesinə və şəbəkə tezliyinə təsir edə bilər. Aydın ki, akrilonitril çarpaz birləşdirici vasitə kimi istifadə edildikdə, onun ilk növbədə sooliqomerlərin 4-izopropenil qrupları ilə sərbəst radikal qreft kopolimerləşməsi baş verir, sonrakı mərhələlərdə isə molekullararası qarşılıqlı təsirlər baş verir və şəbəkə strukturunun əmələ gəlməsinə səbəb olur. Çarpaz bağlı sopolimerin kalium hidroksidinin sulu məhlulu ilə işlənməsi zamanı hidroliz məhsullarının əmələ gəlməsi ilə nəticələnir:



Sxem.3.7 Üçlü sooliqomerin akrilonitrillə quruluşu

Çarpaz bağlı sopolimerlərin termik və termooksidləşmə xüsusiyyətlərini aşkar etmək üçün termoqravimetrik analiz aparılmışdır. Tədqiqat nəticələrindən görüldüyü kimi (şəkil 3.8) 200-600°C temperatur intervalında polimetrin termik destruksiyası baş verir. Termoqrammada maksimumu 412°C olan endoeffekt baş verməsi aydın görünür.



Şəkil 3.8. Çarpaz bağlı sopolimerlərin derivatoqramı

Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan çarpaz bağlanmış sopolimerlərin çəkisinin ~50%-nin itirilməsi 628°C-də baş verir. Əldə edilən nəticələrə görə sorbentin 200 °C yə kimi termik sabitliyini qoruyub saxlaması aşkar edilmişdir. Bu işə bu sooliqomerin sorbent kimi hətda yüksək temperaturulu sulu məhlullarda da istifadə oluna bilməsinin göstəricisidir.

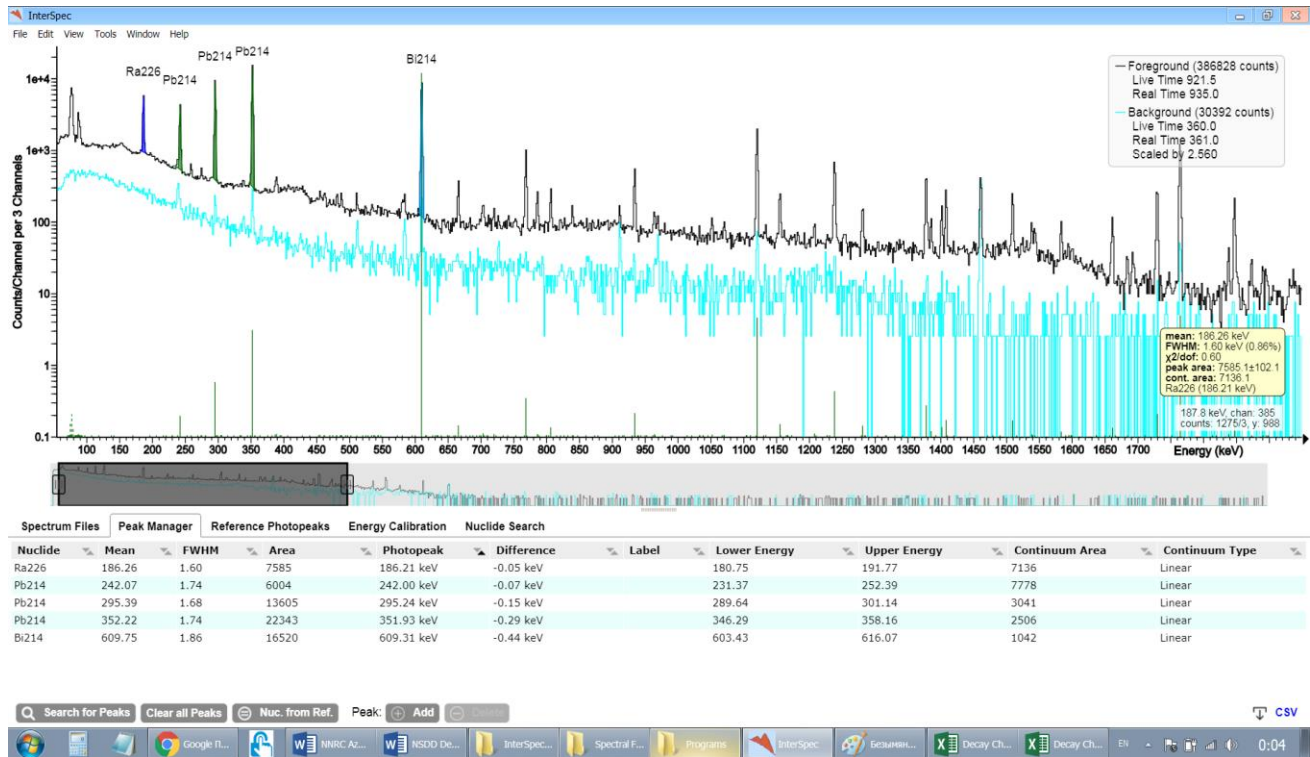
3.4. Ac-225 və Ra-226 izotoplarının statik və dinamik rejimlərdə sorbsiyasının tədqiqi

Layihənin planına uyğun olaraq üçüncü mərhələdə model məhlullarda Ac-225 və Ra-226 izotoplarının sorbsiya qanunauyğunluqlarının statik və dinamik rejimlərdə sorbsiyası tədqiqi edilmişdir.

Məqsədə çatmaq üçün Azərbaycan Respublikasının Rəqəmsal İnkişaf və Nəqliyyat Nazirliyi tabeliyində "Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi" QSC-nin daxili imkanlarından istifadə edərək ilk öncə Ra-226 və Ac-225 izotopları müxtəlif qurumlardan alınmışdır. Daha sonra bu radioizotopların model məhlulları hazırlanaraq, onların həcmi aktivlikləri və kimyəvi qatılıqları qamma və alfa spektrometrik metodlarla təyin edilmişdir.

Məhlulda radium və aktinium izotoplarının həcmi aktivlikləri Canberra (ABŞ) firmasının istehsalı olan yüksək təmizlikli Broad Energy tipli germanium detektorlu (HPGe) qamma-spektrometrdə təyin edilmişdir.

Qamma spektrometrdə model məhlulda radium ^{226}Ra izotopunun aktivliyi 186.2 keV-lu qamma xəttinə əsasən birbaşa (məhlulda ^{235}U izotopu iştirak etmədiyindən) təyin edilir.



Şəkil 3.7. Model məhlulda Radium ^{226}Ra izotopunun qamma spektri

Spektrdən görüldüyü kimi, müəyyən etmək olar ki, Pb-214 izotopunun ($S = 6004$) 7,47% qamma kvant çıxımı ilə 242 keV qamma pikinin sahəsi, Ra-226 izotopunun 3,28 %-lik qamma kvant çıxımlı 186 keV qamma pikinin sahəsindən ($S = 7585$) azdır. Bu enerjilərdə detektor və həndəsi effektivliyin təxminən qiymətə bərabər malik olduğunu nəzərə alsaq, bu piklərin sahələri nisbətləri əksinə olmalı idi. Buna səbəb model Ra-226 izotopunun məhlulunda radiumun radioaktiv parçalanması zamanı əmələ gələn qaz halında olan Rn-222 izotopunun davamlı olaraq məhlulun səthini tərk etməsi ilə bağlıdır. Nəticədə Ra-226 və Pb-214 arasında radioaktiv tarazlıq

pozulur və Pb-214 izotopunun aktivliyi həmişə Ra-226 izotopunun aktivliyindən aşağı müşahidə olunur.

Bunun qaşısını almaq üçün model məhlullar germetik bağlanılaraq, radioaktiv tarazlığa gətirmək lazımdır. Ana məhlul 14 gün tarazlıqda saxlandıqdan sonra, radioaktiv tarazlığın yaranması müəyyən edilmiş və radiumun aktivliyi onun parçalanma məhsulları olan ^{214}Pb , ^{214}Bi izotoplarının müvafiq olaraq 351.9keV və 609.3keV qamma xətlərinə əsasən aktivliyi təyin edilə bilməsi təcrübə olaraq subut edilmişdir.

Radium ^{226}Ra izotopunun aktivliyi təyin edildikdən sonra aşağıdakı ifadəyə əsasən radiumun qatılığı təyin edilir.

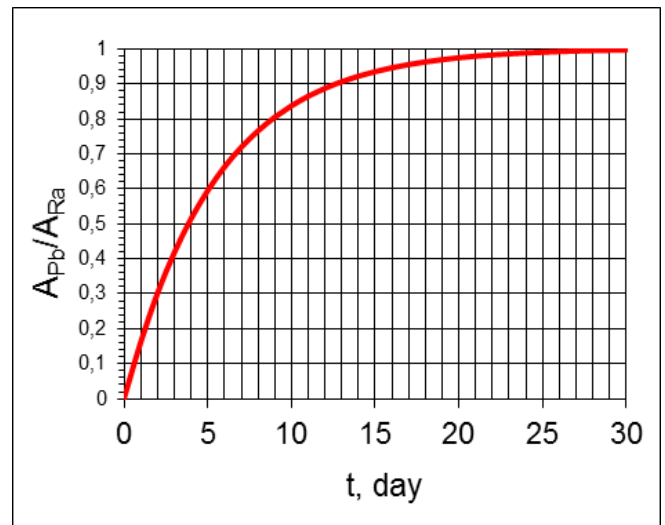
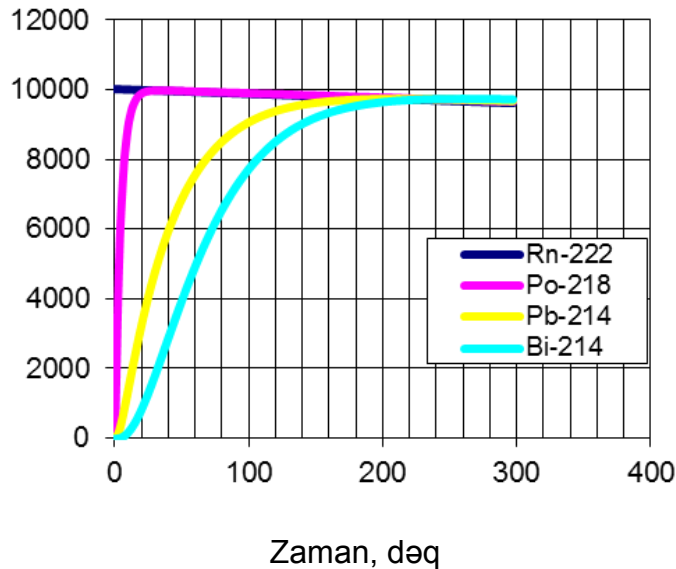
$$A_{Ra^{226}} = \lambda_{Ra^{226}} \cdot N_{Ra^{226}} = \frac{\ln 2}{T_{1/2}^{Ra^{226}}} \cdot N_A \cdot \frac{m^{Ra^{226}}}{M_{Ra^{226}}}$$

$$m^{Ra^{226}} = \frac{M_{Ra^{226}}}{\ln 2} \cdot A_{Ra^{226}} \frac{T_{1/2}^{Ra^{226}}}{N_A}$$

Standart RaCl_2 məhlulu – həcmi aktivliyi $6.25 \cdot 10^6 \text{ Bq/l}$ ($C_{\text{Ra-226}}=168.9\mu\text{q/l}$) $^{226}\text{RaCl}_2$ standart məhluldan (İzotrac, Almaniya) 40.0ml götürüb üzərinə 5.0ml qatı (35%-li) HCl əlavə edib, 1 litrə qədər bidistillə suyu ilə durulaşdırmaqla hazırlanmışdır. Alınan işçi məhlulun qatılığı aşağıdakı kimi olur.

$$A = \frac{A_0 \cdot 40}{1000} = \frac{6.25 \cdot 10^6 \cdot 40}{1000} = 250000 \text{ Bq/l}$$

$$C = \frac{C_0 \cdot 40}{1000} = \frac{168.9 \cdot 40}{1000} = 6.83 \mu\text{q/l}$$

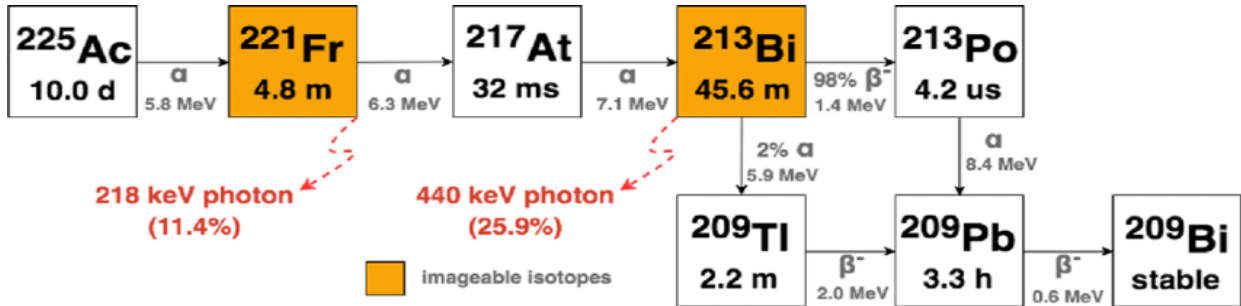


Şəkil 3.8. Model məhlulda ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb və ^{214}Bi izotoplarının ana Radium ^{226}Ra izotopu ilə radioaktiv tarazlığın yaranması diaqramları

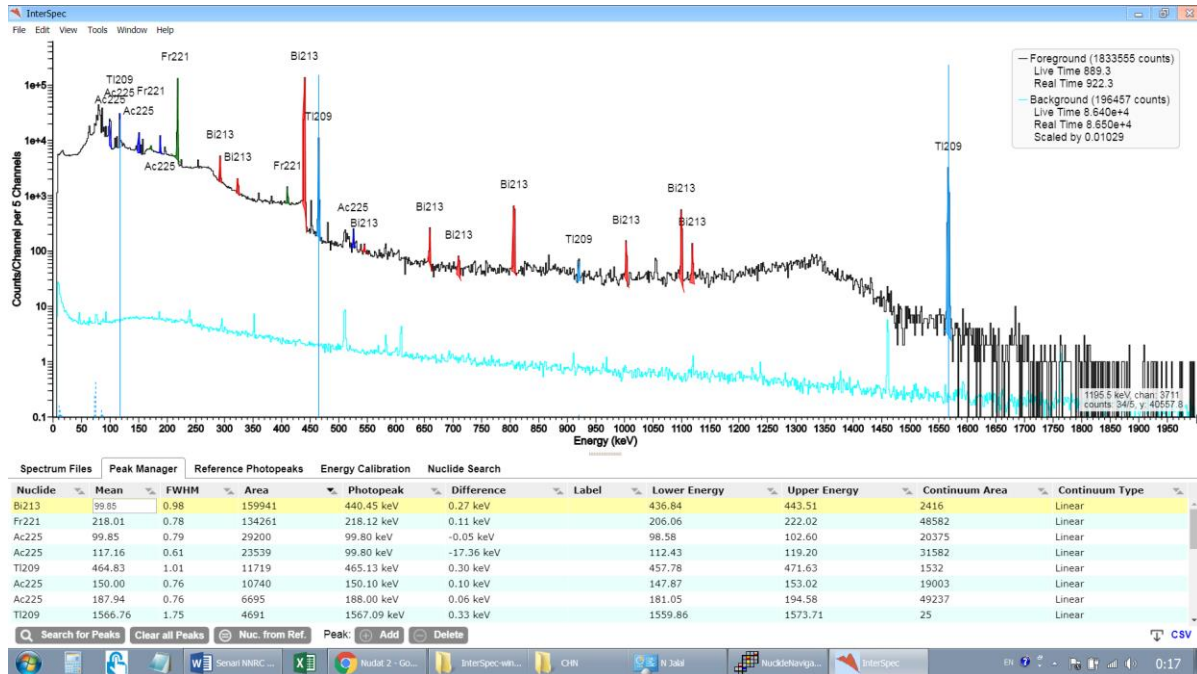
Standart $^{225}\text{Ac}(\text{NO}_3)_3$ məhlulu – həcmi aktivliyi $1.38 \cdot 10^6 \text{ Bq/l}$ ($C_{\text{Ac-225}}=168.9\mu\text{q/l}$) $^{225}\text{Ac}(\text{NO}_3)_3$

standart məhluldan (İzotrac, Almaniya) 10.0ml götürüb üzərinə 5.0ml qatı HNO₃ əlavə edib, 250ml-ə qədər bidistillə suyu ilə durulaşdırmaqla hazırlanmışdır.

Layihədə aktinium model məhlulunda ²²⁵Ac izotoplarının aktivlikli iki metoddla həm yuxarıda qeyd edilən qamma spektrometrik metoddla, həm də Canberra (ABŞ) firmasının istehsalı olan Alpha Analyst markalı, dörd kameralı, silisium detektorlu alfa-spektrometrində təyin edilmişdir. Məlumdur ki, Ac-225 izotopu qısa ömürlü alfa aktiv izotop olub, demək olar ki, həmişə (qısa zaman ərzində parçalanma məhsulları ilə radioaktiv tarazlıqda olduğundan) parçalanma məhsulları ilə Fr-221, Bi-213 və Tl-209 birlikdə müşahidə olunur.



Şəkil 3.9 və şəkil 3.10 qamma və alfa spektrlərdə piklərin identifikasiyası zamanı onların Ac-225, Fr-221, Bi-213 və Tl-209 izotoplarına aid olduğunu aşkar etmək edilmişdir.

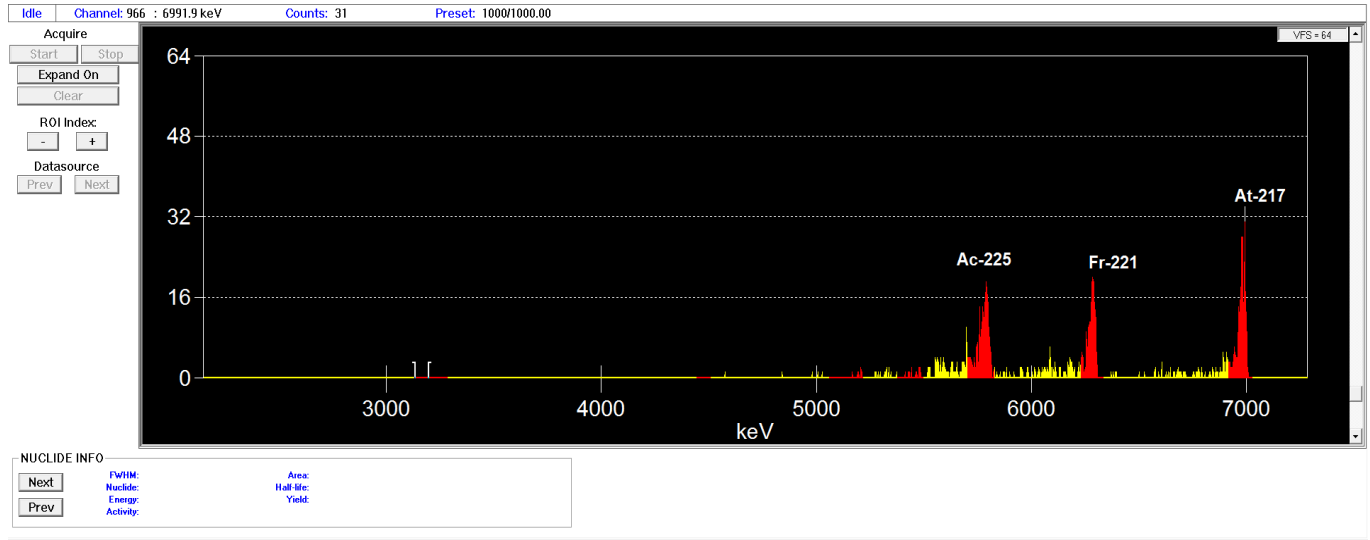


Şəkil 3.9. Model aktinium məhlulunda ²²⁵Ac izotopu və onun parçalanma izotoplarının qamma spektri

Alpha Analyst markalı alfa-spektrometrində Ac-225, Fr-221, Bi-213 və Tl-209 radioizotoplarının analizi aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilmişdir:

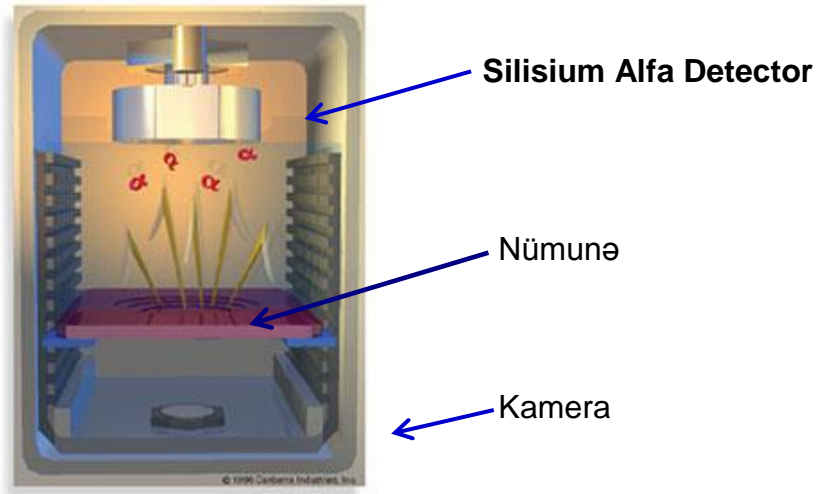
1. Genie 2000 paneli açılır və "Alpha Acquisition & Analysis" operator proqramı işə salınır.

2. Nümunə yerləşdiriləcək kamera seçilir və vakuüm nasosu vasitəsilə kameradan hava sovrularaq çıxradılır. Analiz olunan diskin üzərindən təpmə nüvələri detektorun üzərinə düşməsinin qarşısını almaq məqsədi ilə kameradakı havanın təzyiqi $14\mu\text{q}/\text{sm}^2$ qiymətində saxlanılır.
3. Kamerada təzyiq stabilləşdikdən sonra silisium detektoruna gərginlik qoşulur.
4. QA/QC yardımçı proqramı işə salınır analizin keyfiyyətinə nəzarət məqsədi ilə "Alpha Std-CAL2500, MixMF" 1nKi aktivlikli standart radioaktiv mənbə vasitəsi ilə spektrometrin parametrləri nəzarət edilir.



Şəkil 3.10. ^{225}Ac izotopu elektro-depozisiya olunmuş diskin alfa spektri

5. "Simple Information" panelindən nümunə haqqında informasiya daxil edilir. Analiz edilən nümunə detektorun altındakı fiksə olunmuş mövqedə yerləşdirilir (Şəkil 5) və "Analyze" panelindən "Acquisition" aləti ilə spektrin çəkiləcək vaxtı daxil edilir $t_{\text{Acquisition}}=86400\text{san.}$ Genie 2000 proqramından "Start" düyməsi sıxılmaqla alfa spektrin yığılmasına başlanılır.
6. Analiz olunan pikin sahəsinin xətası 2σ -dan kiçik qiymət ($P=95\%$ etibarlılıq) aldıqda spektrin yığılması dayandırılır və qamma spektr eyni ID kodla saxlanılır. Nümunənin alfa spektrometrik analizə hazırlanması Alfa spektrometrik metodda analiz edilən nümunə, qamma spektrometrik metoddan fərqli olaraq, paslanmayan polad disklərinin üzərinə elektroliz olunmaqla çökdürülmüş halda spektrometrdə ölçülür. Nümunədə uran izotoplarının alfa spektrometrik analizə hazırlanması aşağıdakı kimidir.
 - Həcmi 20ml olan analiz edilən məhlulun üzərinə ^{232}U izotop tərkibli, qatılığı $0.67\text{Bk}/\text{ml}$ olan 1ml treyser məhlulu əlavə edilir və 3 saat müddətində $50-60^{\circ}\text{C}$ temperaturda saxlanılır.
 - Məhlul həcmi 120ml olan ayırıcı qıfa əlavə edilir, üzərinə 20ml 30%-li tributil-fosfat (30%TBF+70%toluol) məhlulu əlavə edilir.
 - Ayırıcı qıf 5 dəq ərzində şeykerdə uran TBF tərəfindən ekstraksiya olunmaq üçün çalxalanır. Sonra ayırıcı qıf 5 dəq sakit təbəqələşmə baş verməsi üçün saxlanılır və sonra ayırıcı qıfdan filtirlənir. Su hissə atılır.
 - TBF hissə (hansı ki, məhlulda mümkün ola biləcək U, Th, Am izotopları artıq bu fazaya keçib) saxlanılır.



Şəkil 3.11. Alpha Analyst markalı alfa-spektrometrin nümunə kamerası

- İçərisində TBF hissə olan ayırıcı qıfa 10ml 7M HNO₃ məhlulu əlavə edilir və 5 dəq çalxalanaraq, filtrlənir. Turşu hissə atılır. Bu prosedurdə TBF fazada olan Th izotopları turşu fazaya keçdiyi üçün filtrat Th izotoplarından azad olur.
- Yenidən 10ml 7M HNO₃ əlavə edilir, 5 dəq ərzində çalxalanır, filtrlənir və turşu hissə atılır. Sonuncu bir dəfə də təkrarlanır və nəticədə filtrat Th izotoplarından tamamilə azad olur. Filtrat ayrılır. Filtratda yalnız uran və plutonium (Pu) izotopları qala bilər.
- Pu izotoplarını filtratdan ayırmaq üçün 0.04M qatılıqlı 20ml HF turşu məhlulu ayırıcı qıfa əlavə edilir və 5 dəq ərzində çalxalanır.
- Sonra Pu keçmiş HF faza atılır. Ayrıca qıfda 1 damcı TBF buraxılır. Çünki TBF fazada polyar fazanın qalmasına imkan vermək olmaz.
- Sonra ayırıcı qıfda yalnız uran izotopları olan TBF faza üzərinə 20ml distillə suyu əlavə edilir və 5 dəq ərzində çalxalanır. Bu zaman reekstaksiya baş verir, yəni (TBF+U) qarışığında uran izotopları su fazaya keçir. Su faza təmiz stəkana yığılır. Sonuncu əməliyyat daha 2 dəfə təkrar edilir.
- Sonra həcmi 60ml olan su faza şüşə stəkanda qum hamamında buxarlandırılır.
- Tam buxarlanmış stəkanın üzərinə 0.5M qatılıqlı 10 ml HNO₃ məhlulu tökülür, yaxşıca qarışdırılır və ehmalca 60°C temperatürə qədər quru qalıq həll olması üçün qızdırılır.
- Qızmış məhlul elektroliz qurğusuna əlavə edilir. Üzərinə 5ml 1%-li EDTA, 1ml NH₄Cl və 1ml (NH₄)₂C₂O₄ doymuş məhlulları əlavə edilir. Sonda 5 damcı qatı NH₄OH məhlulu əlavə edilir. Elektroliz diskə paralel vəziyyətdə Pt anod məftillə aparılır.
- Sonra Pt anod elektroliz qurğusuna yerləşdirilir. 1A cərəyan verilir. İlk 5 dəq ərzində cərəyan şiddəti məhlulun qızması səbəbindən 1.5A-ə kimi yüksələ bilər. Belə davam edərsə, məhlul qaynaya bilər və məhlulda itgi baş verir. Bunun baş verməməsi üçün gərginlik 18V-dan 12V-a kimi endirilir.
- Elektroliz 1 saatdan sonra bitmiş hesab olunur. Diskin yan tərəfdən su damlaları süzgəc kağızı ilə qurudulur. Sonra disk 70°C temperatürdə quruducu rəfdə qurudulmaq üçün saxlanılır.
- Disk quruducu rəfdə qurudulur və şəkl.2.6-da göstəriləni kimi alfa spektrometrə yerləşdirilir və alfa spektrin yığılmasına başlanılır.

- Alfa spektr emal olunur, yığılmış piklərin sahələri hesablanır və aktivlik aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablanır.
Treyserin kimyəvi çıxımının aşağıdakı ifadəyə əsasən hesablanır.

$$\eta = \frac{C - B}{E \cdot A}$$

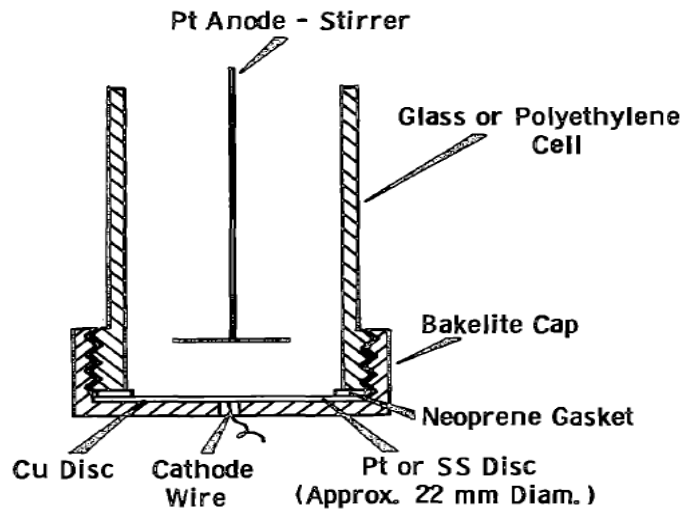
burada: η – Treyserin kimyəvi çıxımı;
C – Treyserin ölçülən aktivliyi, cpm;
B – Radiasiya fonu (background), cpm;
E – Treyser üçün say effektivliyi;
A – Treyserin aktivliyi, dpm.

Radionuklidin aktivliyinin hesablanması: [84].

$$\text{Simple Activity (dpm/L)} = \frac{S - B}{E \cdot V \cdot \eta}$$

$$\text{Alpha Activity (pCi/L)} = \frac{S - B}{E \cdot V \cdot 2.22}$$

burada: Alpha Activity – radionuklidin alfa aktivliyi, pKi/l;
S – nümunənin aktivliyi, cpm;
B – blankın aktivliyi, cpm;
E – effektivlik;
V – nümunənin həcmi, l;
 η – Treyserin kimyəvi çıxımı.



Şəkil 3.12. Elektroliz qurğusu

dpm/g ilə pKi/q və Ki/l ilə Bk/l arasındakı əlaqə aşağıdakı kimidir.

$$\text{pKi/q} = (\text{dpm/q})/2.22$$

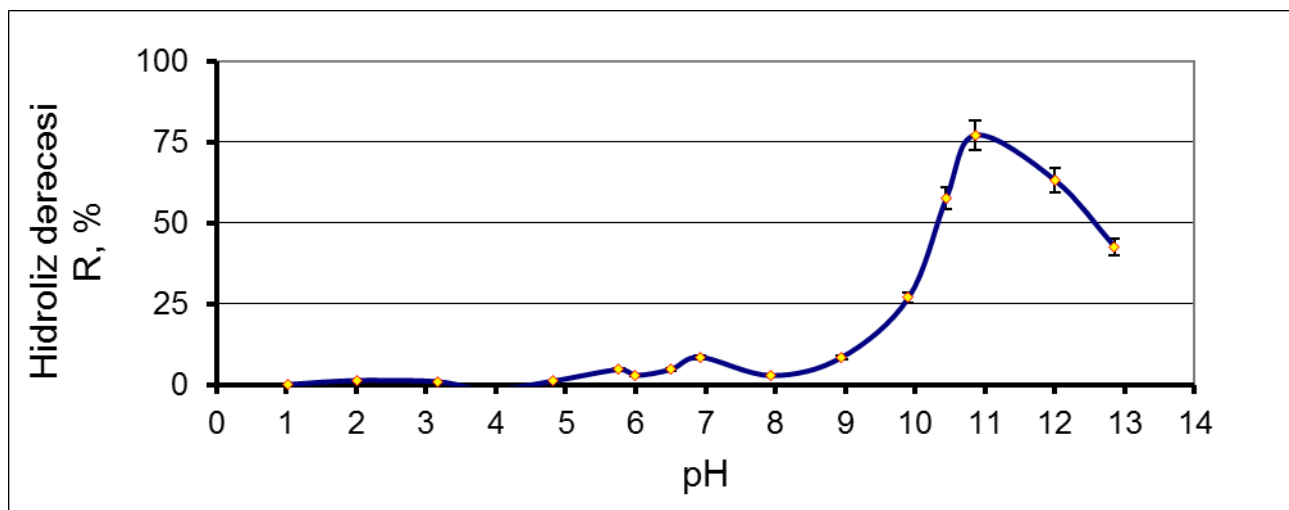
$$1\text{Ki/l} = 0.037 \text{ Bk/l}$$

3.5. Model məhlulunda ²²⁶Ra izotopunun sorbsiyası

Layihənin ikinci rübündə sintez edilmiş funksional qruplu yeni seçici sorbentlərlə model məhlulunda ²²⁶Ra və ²²⁵Ac izotoplarının sorbsiya qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə ilk öncə Modifikasiya olunmuş sorbent radiumla sorbsiyası öyrənilməzdən öncə radium ionunun asetat ammmaonium bufer mühitində məhlulun pH-ından asılı olaraq hidrolizi tədqiq edilmişdir.

Asetat ammmaonium bufer məhlulunun pH-ının radium ionunun hidrolizinə təsirini öyrənmək məqsədi ilə pH-ın 1.03÷12.85 intervalında, $C_{Ra}=136.6\text{nq/l}$ (5000Bq/l) qatılığında, 50ml sorbsiya həcmində, 27C temperaturda, radium ionlarının hidroliz dərəcəsi öyrənilmişdir. İçərisi bidistillə suyu ilə yuyulmuş teflon stəkanlara müvafiq olaraq 10 ml bufer seriyaları, 39 ml bidistillə suyu, qatılığı 6830 nq/l olan ana ²²⁶RaCl₂ standart məhluldan 1ml əlavə edilir 24 saat sonra mavi filter kağızından keçirilərək məhlul HPGe spectrometerində analiz edilib.



Şəkil 3.13. Radium ionunun məhlulun pH-ından asılı olaraq hidroliz qrafiki. (R- radiumun hidroliz (məhlulda azalma) dərəcəsi)

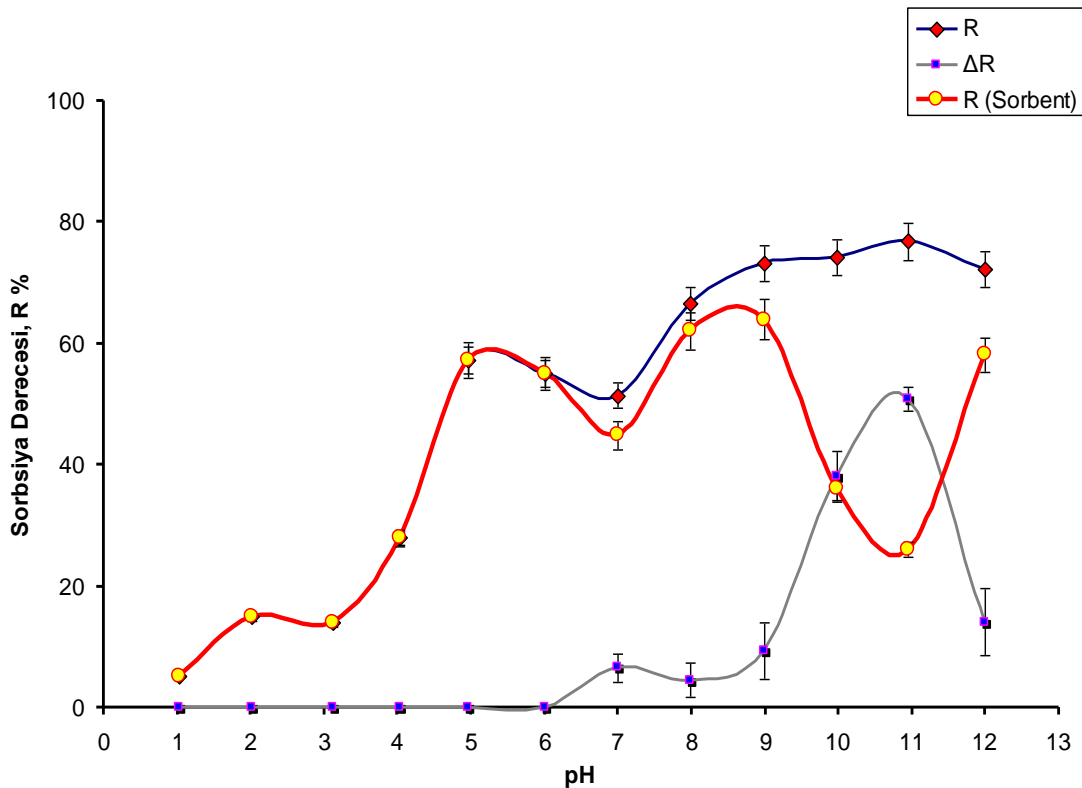
Ammonium asetat bufer məhlulunun pH-ının radium ionunun hidrolizinə təsirini öyrənmək məqsədi ilə pH-ın 1.03÷12.85 intervalında, $C_{Ra}=136.6\text{nq/l}$ (5000Bq/l) qatılığında, 50ml sorbsiya həcmində, 27°C temperaturda, radium ionlarının hidroliz dərəcəsi öyrənilmişdir. İçərisi bidistillə suyu ilə yuyulmuş teflon stəkanlara müvafiq olaraq 10ml bufer məhlulları, 39ml bidistillə suyu, qatılığı 6830nq/l olan ana ²²⁶RaCl₂ standart məhluldan 1ml əlavə edilir və 24 saatdan sonra nümunə mavi filter kağızından keçirilərək məhlul HPGe spectrometrində analiz edilmişdir.

Modifikasiya olunmuş sellüloza sorbenti ilə radiumun sorbsiyasının pH-dan asılılığının təyini asetat ammmaonium bufer məhlulunun pH-ının radium ionunun sorbsiyasına təsiri pH-ın 1.03÷12.85 intervalında, $C_{Ra}=136.6\text{nq/l}$ (5000 Bq/l) qatılığında, 50ml sorbsiya həcmində, 50 mg sorbent iştirakında, 27C temperaturda, radium ionlarının sorbsiyası öyrənilmişdir.

İçərisi bidistillə suyu ilə yuyulmuş teflon stəkanlara müvafiq olaraq 10 ml bufer seriyaları, 39 ml bidistillə suyu, 50mq sorbent və qatılığı 6830nq/l olan ana ²²⁶RaCl₂ standart məhluldan 1ml olmaq ardıcılığı ilə əlavə edilir 24 saat sonra mavi filter kağızından keçirilərək sorbent məhluldan ayrılmış və filtratda ²²⁶Ra izotopunun həcmi aktivliyi HPGe spektrometerində təyin edilmişdir. Tərkibində radium ionları olan sorbent distillə suyu ilə yuyulduqdan sonra ²²⁶Ra izotopunun

aktivliyi birbaşa sorbentdə də təyin edilmişdir.

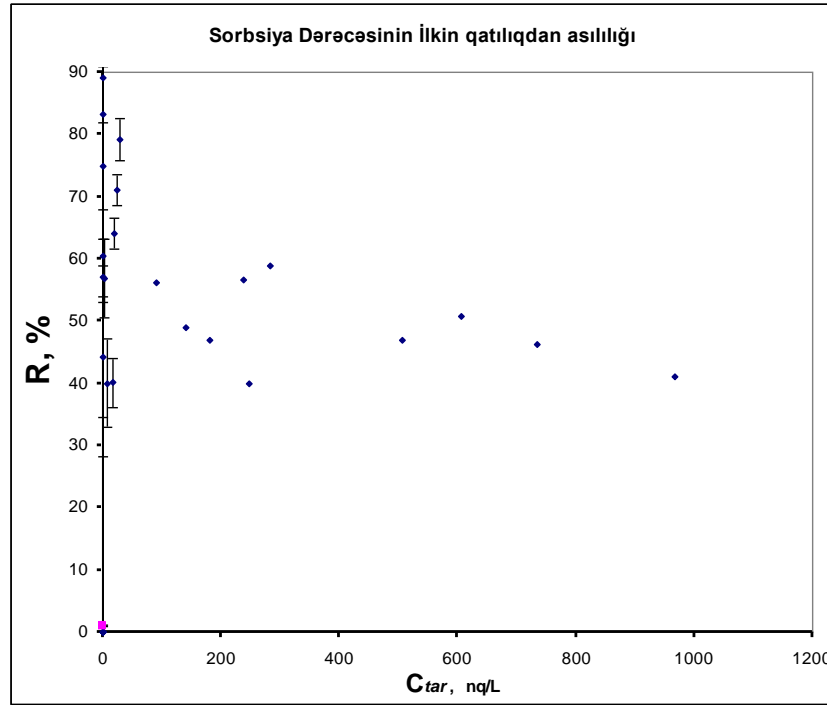
Şəkil 8-dən görüldüyü kimi məhlulum pH-inin dəyişməsi radium ionunun hidrolizinə kəskin təsir edir. Beləki, neytral mühütdən başlayaraq radium ionları hidroliz edərək qabın divarlarına, dibinə çökür və fiziki adsorbsiya baş verir. Bu asılılıq şəkildə böz rənglə göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi radiumun sorbsiyası zəif turş (pH 3.88-6.00) və zəif qələvi (pH 6.92-7.94) mühitlərdə maksimal qiymətlərə malik olur. Lakin zəif qələvi (pH 6.92-7.94) mühitdə sorbsiya dərəcəsinin $R=73.2\%$ olmasına baxmayaraq, bu mühitdə radiumun hidrolizi yüksəlməsi və sorbsiya aparılan qabların radiumla çirklənməsi baş verdiyindən biz sorbsiyanın optimal pH-nı 4.81 olmasını qəbul etmişik. Beləki, bu zaman 1 q sorbent 106.3 nq/q sorbsiya tutumuna malik olur. Lakin qeyd edək ki, SST bu qiyməti maksimal deyil, məhlulda radiumun ilkin aktivliyinin artması ilə artır.



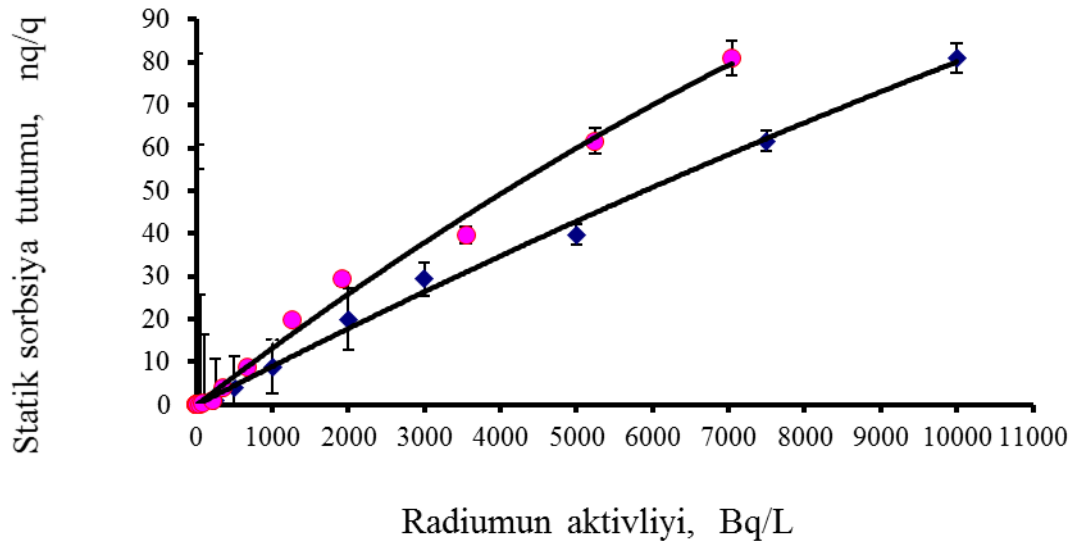
Şəkil 3.14. Modifikasi olunmuş sellüloza sorbenti ilə radiumun sorbsiyasının pH-dan asılılığı
R- sorbsiyadan sonra məhlulda radiumun azalma dərəcəsi, %
 ΔR - pH-in təsirini nəticəsində radiumun hidroliz dərəcəsi, %
 R_{Sorbent} - sorbentin sorbsiya dərəcəsi, %

Habelə tədqiqat işində sorbsiyanın radiumun tarazlıq qatılığında asılılığı öyrənilmişdir. Sorbentin sorbsiya tutumunun radium ionunun tarazlıq qatılığında asılılığı radiumun həcmi aktivliyi 3-60000 Bk/L (0.027-1639 nq/l qatılıqlı) olan məhlulda aparılmışdır. Radium ionunun aşağı qatılığında sorbent radiumu praktik olaraq tam sorbsiya edir. Sorbentin sorbsiya dərəcəsi yüksək olmasına baxmayaraq, sorbentin sorbsiya tutumu aşağı qiymət almasının səbəbi məhlulda sorbentin aktiv mərkəzlərini doyduracaq qədər məhlulda radiumun olmamasıdır. Məhlulda radiumun konsentrasiyası yüksəldikcə sorbentin sorbsiya tutumunun qiyməti yüksəlir. Şəkildən görüldüyü kimi məhlulda hətda radiumun 600000 Bk/L aktivliyində belə sorbent doymur və bu fakt radiumun sorbsiyası baş verməsi üçün sorbentdə aktiv mərkəzlərin mövcud olmasını göstərir. Bu səbəbdən sorbsiya olunan radiumun sorbentlə məhlul arasında tarazlığın

yanmasını müşahidə etmək olmur. Radiumun ilkin məhlulda qatılığının daha artırılma bilinəməsinin səbəbi tədqiqat aparılan otaqda radon qazının güclü emonasiyası (640 Bk/m^3) və doza gücünün yüksəlməsi olmuşdur ($\text{EDG}=24,5 \text{ } \mu\text{R/saat}$).

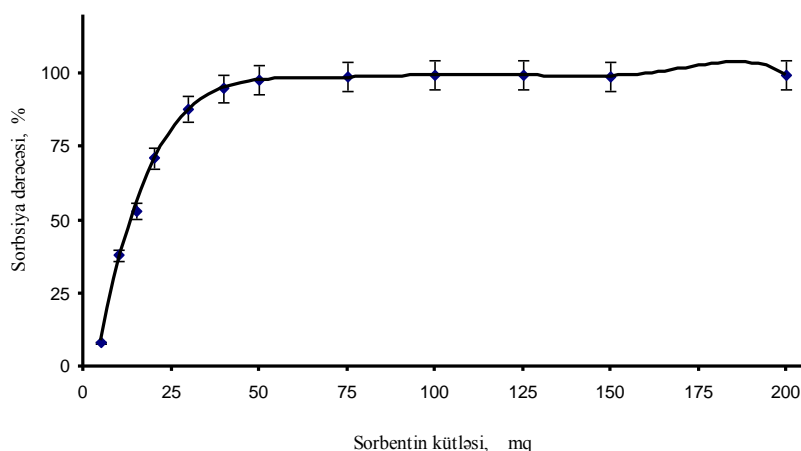


Şəkil 3.15. Sorbentin sorbsiyaya dərəcəsinin radiumun tarazlıq qatılığında asılılığı



Şəkil 3.16. Sorbentin statik sorbsiyaya tutumunun radiumun tarazlıq qatılığının asılılığı

Radiumun sorbsiyasının MnO_2 ilə piqmentləşdirilmiş sellüloza modifikatının kütləsindən asılılığının tədqiq edilmişdir. Optimal pH-da və məhlulda xlorfosforlaşdırılmış sellüloza sorbentin qatılığının 0.2q/l-dən 10.0q/l-ə qədər artırmaqla radiumun sorbsiyası tədqiq edilmişdir. Məhlulda radiumun həcmi aktivliyi 6000 Bk/l, 50ml sorbsiya həcmində, otaq temperaturunda və 10ml ammonium asetat bufer məhlulu iştirakında sorbsiya tədqiq edilmişdir. Radiumun sorbsiyanın sorbentin kütləsindən asılılığının nəticələri şəkil 3.17-də göstərilmişdir.



Şəkil 3.17. Sorbsiya dərəcəsinin MnO_2 vasitəsi ilə piqmentləşdirilmiş sellüloza modifikatının kütləsindən asılılığı

Cədvəl 3.1.

Radium ionunun 55.4 nq/l ilkin qatılığında, optimal pH-da (pH=5.3) radiumun sorbsiyanın MnO_2 ilə piqmentləşdirilmiş sellülozanın kütləsindən asılılığı, $T=24^{\circ}C$

Sorbentin kütləsi, m, mq	Radiumun məhlulda tarazlıq aktivliyi, A, Bk/l	Radiumun məhlulda tarazlıq qatılığı, C, nq/l	Statik sorbsiya tutumu, nq/q	Sorbtsiya dərəcəsi, R, %
5	1865	51.0	44.5	8.0
10	1256	34.3	105.4	38.1
15	954	26.1	97.8	53.0
20	585	16.0	98.5	71.2
30	248	6.8	81.0	87.8
40	102	2.8	65.8	95.0
50	42.2	1.1	54.3	97.9
75	24.6	0.7	36.5	98.8
100	12.6	0.3	27.5	99.4
125	8.2	0.2	22.1	99.6
150	18.1	0.5	18.3	99.1
200	12.4	0.3	13.8	99.4

Məhlulda ^{226}Ra izotopunun həcmi aktivliyi 2038 Bk/l, radium ionun qatılığı 55.4nq/l, 50ml sorbsiya həcmində, otaq temperaturunda və 10ml ammonium asetat bufer məhlulu iştirakında radiumun sorbsiyanın tədqiq edilmişdir. Radiumun sorbsiyanının sorbentin kütləsindən asılılığının nəticələri cədvəl 3.1-də verilmişdir.

3.6. ^{226}Ra izotopunun sorbsiyanının termodinamikasının tədqiqi

Sorbtsiyaya təsir edən faktorlardan biri temperaturdur. Əksər hallarda sulu məhlullarda sorbsiyanın termodinamikası adsorbtsiyanın mexanizmi haqqında informasiya verir. Sorbsiya prosesində məhluldan radium udularaq sorbentdə toplanılması nəticəsində entropiya azalır. Sintez olunmuş sellüloza modifikatı tərəfindən radiumun sorbsiyanının istiqaməti, endotermik və

ya ekzotermik proseslə baş verməsini müəyyənləşdirmək məqsədi ilə prosesin termodinamikası tədqiq edilmişdir. Sorbsiyanın getmə şərtini müəyyənləşdirən Gips sərbəst enerjisinin dəyişməsi öyrənilməlidir.

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

burada: ΔG^0 – sərbəst enerji dəyişməsi (kC/mol);
 ΔH^0 – entalpiya dəyişməsi (kC/mol);
 ΔS^0 – entropiya dəyişməsi (kC/mol K);
T – mütləq temperatur (K).

Termodinamiki tarazlıq yarandıqda, sərbəst enerji dəyişməsi (4.4) ifadəsi kimi olur.

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_d \quad (1a)$$

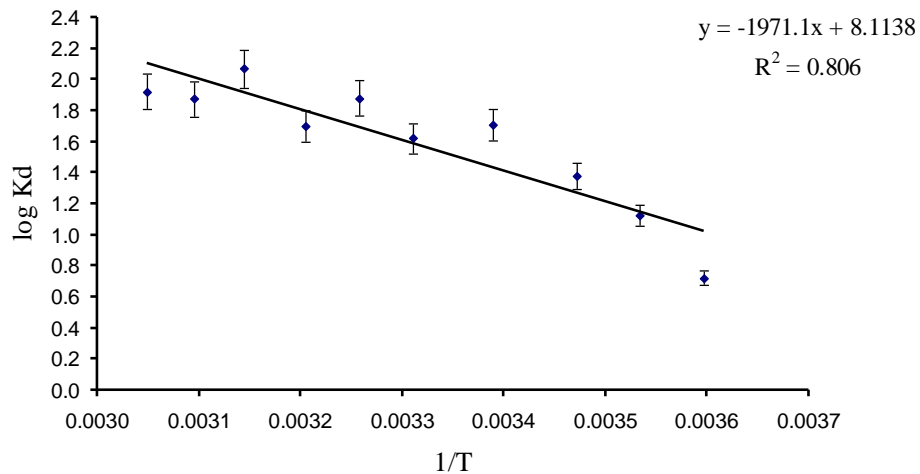
$$K_d = \frac{C_a}{C_e}$$

burada: K_d – dağılma sabiti;
 C_a – sorbentin vahid kütləsinin udduğu uranın miqdarı;
 C_e – uranın tarazlıq qatılığı;
R – universal qaz sabiti (8,314 C/mol K).

$$\log K_d = -\frac{\Delta H}{2.303 \cdot R} \cdot \frac{1}{T} + \frac{\Delta S}{2.303 \cdot R} \quad (1b)$$

Dağılma sabitinin loqarifmik qiyməti ilə 1/T arasında asılılığı quraraq, adsorbsiyanın entalpiya (ΔH^0) və entropiya dəyişmələrini (ΔS^0) (1b) ifadəsi ilə hesablanmışdır. Habelə, müxtəlif temperaturda uranın sorbsiyanını aparmaqla sorbsiya prosesinin sərbəst enerji dəyişməsini (ΔG^0) (1a) ifadəsindən istifadə edilməklə hesablanmışdır.

Bu məqsədlə xlorfosforlaşdırılmış sellüloza modifikatı ilə optimal şəraitdə, müxtəlif temperaturlarda uran və radiumun sorbsiyanının temperaturdan asılılığı tədqiq edilmişdir. Radiumun sorbsiyanı, statik şəraitdə 50mq xlorfosforlaşdırılmış sellüloza modifikatı ilə ammonium asetat bufer məhlulunda, optimal pH-da (4.81), temperaturun 5÷55°C intervalında öyrənilmişdir.



Şəkil 3.18. Xlorfosforlaşdırılmış sellüloza modifikatı ilə optimal şəraitdə radiumun sorbsiyanının dağılma əmsalının temperaturun tərs qiymətindən asılılığı

Məhlulun temperaturu artdıqca sorbentin səthi ilə radium ionları arasındakı elektrostatik itələmə zəifləyir və nəticədə sorbsiya asanlaşması müəyyən edilmişdir.

3.7. Ac-225 izotopunun model izotoplar qarışığı sistemindən seçici olaraq ayrılması

Ra-226 və Ac-225 radioizotoplarının model məhlulları əsasında hazırlanmış işçi radioaktiv məhlulda Ac-225 izotopunun seçici olaraq ayrılması üçün dinamik rejimdə sistem qurulmuşdur.



Şəkil 3.18. Model məhlulda Ac-225 izotopunun seçici olaraq dinamik rejimdə ayrılması üçün sistem

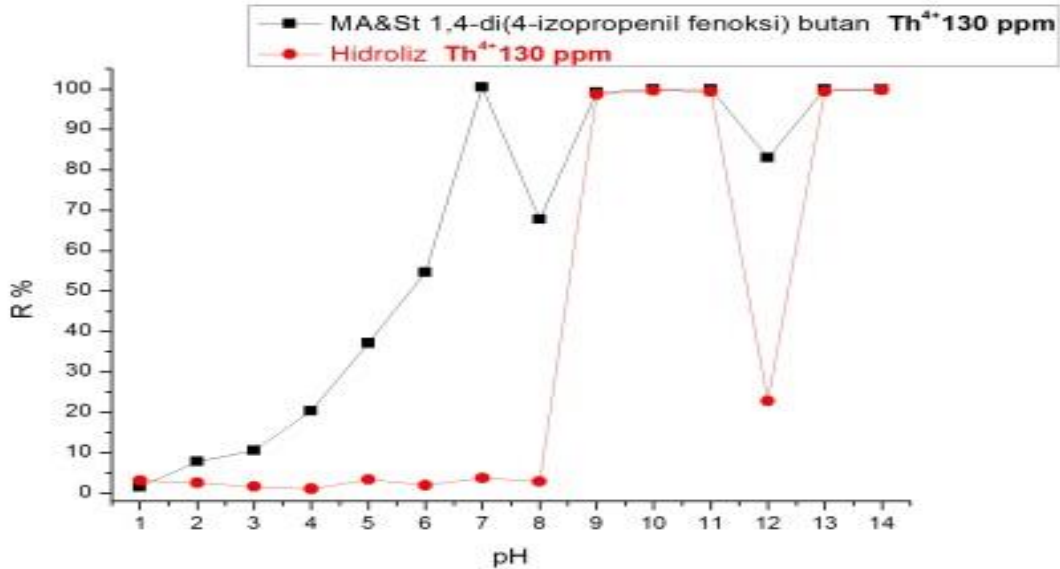
Eksperimental təcrübə zamanı alınacaq hədəfdən Ac-225 radioizotopunun Ra-226 sintonundan və digər arzuolunmaz yan izotoplardan ayrılması prosesinin optimal rejim parametrlərini tapmaq üçün bu izotopların model məhlulları hazırlanmışdır. Müxtəlif funksional qruplu sorbentlər (UTEVA, TEVA, Chelex-100, AG1-X8, Fosfon qruplu selüloza, karboksil qruplu MAPS) tətbiq edilərək radioizotopların model məhlullarından Ac-225 izotopunun ayrılması öyənilmişdir. Ra-226 və Ac-225 radioizotoplarının qamma və alfa spektrometrik metodlar istifadə edilməklə məhlulda və sorbentdə təyini üçün metodikalar hazırlanmış, minimum detektə oluna bilmə limitləri (MDA dəyərləri) aşkar edilmişdir.

Məhlulda radium və aktinium izotoplarının həcmi aktivlikləri Canberra (ABŞ) firmasının istehsalı olan yüksək təmizlikli Broad Energy tipli germanium detektorlu (HPGe) qamma-spektrometrdə təyin edilmişdir.

Sürətləndicilərdə protonun təsiri ilə Ra-226 və Th-232 kimi izotopların Ac-225 radioizotopunun sintezindən sonra onun model radioizotop məhlullarından saflaşdırılaraq ayrılması tədqiq edilmişdir. Aktinium elementinin analitik kimyası əraflı öyənilmiş və ədəbiyyat təhlili hansı funksional qruplarla aktinium ionunun davamlı komplekslər əmələ gətirməsi müəyyənləşdirilmişdir. Actinium-225-liqand qarşılıqlı təsirinə, liqand və mərkəzi ionun homogenliyinə görə kompleks birləşmələr yarada bilən sorbentlərin sintez edilmişdir. Bu

məqsədlə analik məqsədlərlə tətbiq olunan komersiyalaşdırılmış sorbentlərlə yanaşı əvvəlki tədqiqatlarımızda sintez etdiyimiz fosfon quruplu, xelatəmələgətirici modifikasiya olunmuş sellüloza və karboksil qrupu qətranlar sorbent kimi istifadə edilmişdir.

Sellülozanın oksidləşmə xlorfosforlaşma reaksiyaları ilə alınmış fosfon qrupları saxlayan modifikatlarla Ra-226, Th-232 hədəf radioizotoplarının və Ac-225 kimi sintez radioizotop sorbsiyası tədqiq edilmiş nəticələri şəkil 3.14 və 3.20-də verilmişdir.



Şəkil 3.19. Modifikasi olunmuş MAST 1,4-di(4-izopropenil fenoksi) butan ilə toriumun sorbsiyasının pH-dan asılılığı

R- sorbsiyadan sonra məhlulda toriumun azalma dərəcəsi, %

Torium izotoplarını seçici sorbsiyası üçün 1,4-di(4-izopropenil fenoksi) butanla tikilmiş malein anhidridi-stirol sopolimeri əsaslı sorbenti radikal sopolimerləşməklə, benzol məhlulunda, AİBN inisiatoru istifadə edilməklə, 75 – 80 °C 140 dəq ərzində məlum metodika ilə sintez edilmişdir. Karboksil qruplu bu sorbentinin Th-232 radioizotopunun seçici olaraq sorbsiya metodu ilə ayrılması imkanları öyrənilmiş və nəticələri şəkil 3.19-da verilmişdir.

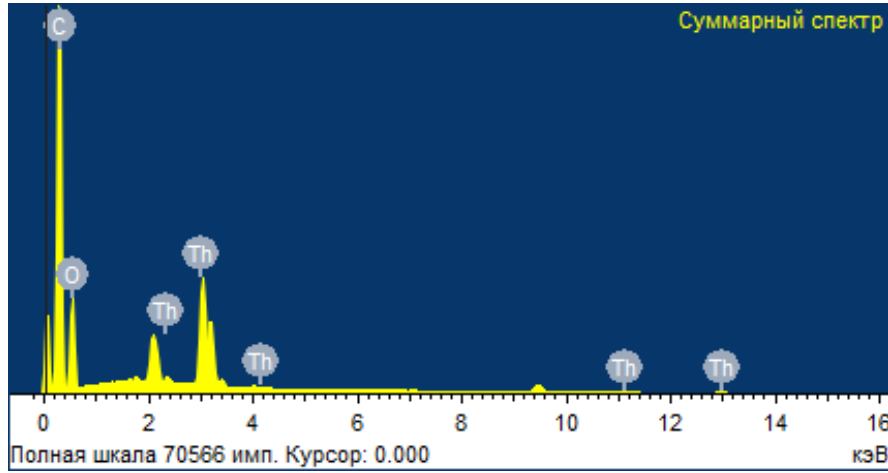
Sintez olunmuş funksional qruplu yeni polimer sorbentin torium ionuna qarşı sorbsiya xassələri öyrənilmiş və torium ionunun sorbsiyasına məhlulun pH-ı, temperaturu, adsorbat və adsorbentin qatılığı, toriumun sorbentdən desorbsiyası, bərk və maye fazanın kontakt müddətinin optimal parametrləri müəyyən edilmişdir.

Model məhlulda Ac-225 izotopunun seçici olaraq dinamik rejimdə ayrılmasının sorbsiya parametrləri Cədvəl 3.2.

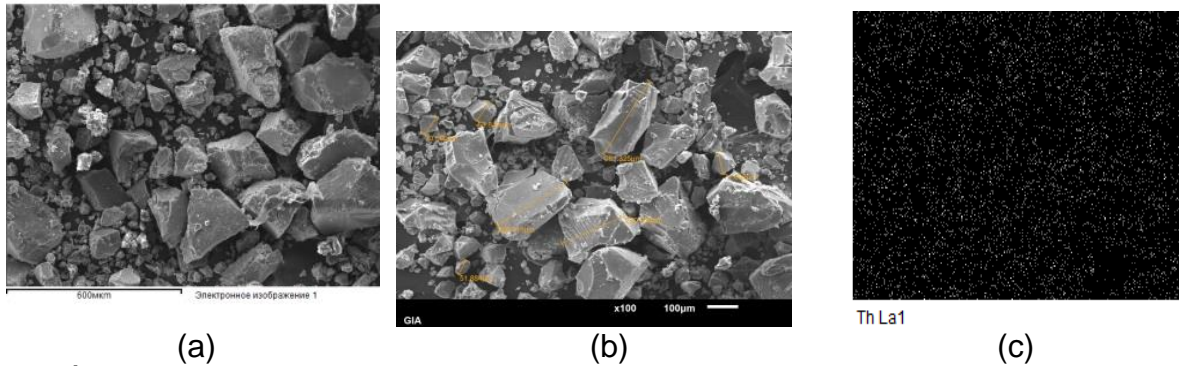
A ₀ , Bq/л	A, Bq/L	C ₀ fq/L	C _e , fq/L	q _e , fq/L	R,%
22.6	9.3138	38.0	10.1	46.5	73.4
27.1	10.529	45.6	8.9	61.2	80.5
44.3	11.001	74.4	4.8	116	93.5
83.6	13.363	140.6	13.8	211.3	90.2
117.4	31.114	197.4	21.1	293.8	89.3
154.8	54.803	260.1	70.2	316.5	73.0

Torium ionunun 1,4-di(4-izopropenil fenoksi) butanla tikilmiş malein anhidridi stiroil sopolimeri əsaslı sorbenti tərəfindən optimal sorbsiyası məhlulun pH-ının 6.4 qiymətində baş verməsi aşkar edilmişdir. pH mühitində sorbsiyanın uranil ionlarının qatılığından asılılığı öyrənilmişdir.

Torium ionları saxlayan sorbentində torium ionlarının sorbentin funksional qrupları tərəfindən sorbsiyasının səthdə və ya həcmdə getməsinə araşdırmaq üçün elektron mikroskopiya (SEM) metodu ilə səth şəkilləri çəkilmişdir.



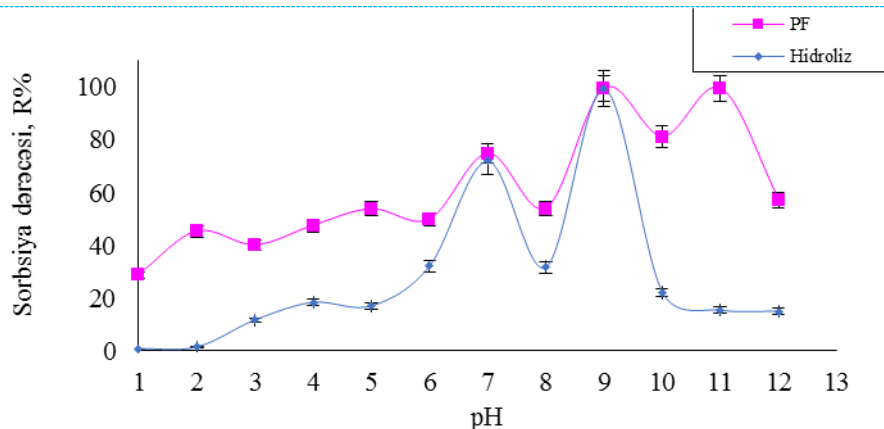
Şəkil 3.21. Torium ionunu saxlayan sorbetin elektron mikroskopiya metodu ilə alınmış rentgen-fluorescent spektri



Şəkil 3.22. İlkin və torium ionunu saxlayan sorbetin elektron mikroskopiya metodu ilə alınmış şəkil və rentgen- fluorescent xəritəsi

- (a) İlkin sorbent
- (b) Torium ionunu saxlayan sorbeti
- (c) Torium ionunu saxlayan sorbetin Th La rentgen- fluorescent xəritəsi

Sorbsiyada iştirak edən sorbent qranullarının ölçülərinə görə paylanması funksiyası müəyyən edilmişdir. Torium ionunu saxlayan sorbetin Th La rentgen-fluorescent xəritəsi vasitəsi ilə torium ionlarının sorbsiyası sorbentin yalnız səthində getməsi aşkar edilmişdir.



Şəkil 3.23. Actinium-225 radionuklidinin sorbsiya və hidroliz dərəcələrinin mühitin pH-ından asılılığı

Udulmuş torium ionlarının polimer sorbentlərdən desorbsiyası öyrənilmişdir. Əvvəlcə eyni qatılıqlı müxtəlif mineral turşuların (HClO₄, H₂SO₄, HNO₃, HCl) desorbsiya prosesinə təsiri öyrənilmişdir. Torium ionlarının sorbentdən optimal desorbsiyası HNO₃ məhlulün 0.1-2.4 M intervalında olduğu müəyyən edilmişdir.

4 Layihə üzrə **elmi nəşrlər** (elmi jurnallarda məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materiallarında məqalələr, tezislər) (dərc olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə, uyğun məlumat - jurnalın adı, nömrəsi, cildi, səhifələri, nəşriyyat, indeksi, Impact Factor, həmmüəlliflər və s. bunun kimi məlumatlar - ciddi şəkildə dəqiq olaraq göstərilməlidir) *(surətlərini kağız üzərində və CD şəklinə alava etməli!)*

Layihə üzrə 2 konfrans materialı çap olunub, 2 məqalə çapa göndərilib.

1. **Tezisin adı:** Study of application of new synthesized polymer sorbentın concentrated separation of uranyl ions from wastewaters

Müəlliflərin S.A.A: A. B. Hajiyev

Nəşrin adı: 1st INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RECENT ADVANCES IN FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENCES (ISFAS-2021) ABSTRACT AND FULL TEXT SYMPOSIUM BOOK page 98

E-link: - <https://ekitap.atauni.edu.tr/index.php/1st-international-symposium-on-recent-advances-in-fundamental-and-applied-sciences-isfas-2021abstract-and-full-text-symposium-book/>
Çap olunub.

2. **Konfrans materialının adı:** Təbii izotopların sürətləndirilmiş protonların təsirlə tibbi izotoplara çevrilməsi, onların radiospektrometrik metodlarla təyini və ayrılaraq saflaşdırılmasınınin tədqiqi

Müəlliflərin S.A.A: Nağıyev C.Ə., Hacıyev A.B., Əhmədov B.F., Novruzov F.Ə., Həsənova L.F., Abdullayeva M.Y.

Nəşrin adı: Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin Beynəlxalq Konfransının Materialları "Postkonflikt Vəziyyətlərdə Yenidənqurma Və Bərpa" II Beynəlxalq Elmi Konfransı Fevral 24-25, 2022 Vol. 24. № +2, səh. 19-24

E-link: http://rrpcs2022-conf.asoiu.edu.az/upload/Konfrans_az.pdf
Çap olunub.

3. Məqalənin adı: Сорбция урана из водных растворов на модифицированных форм целлюлозу.

Müəlliflərin S.A.A: Дж.А.Нагиев, Гаджиев А.Б., Алосманов Р.М., Гусейнов В.И.

Nəşrin adı: The Journal of Applied Chemistry and Biotechnology
Çapda.

4. Məqalənin adı: Структурированные акрилонитрилом тройные соолигомеры 4-изопропенил-фенола, фенола и формальдегида в качестве сорбентов для извлечения уранил-ионов из водных систем

Müəlliflərin S.A.A: М. Р. Байрамов, Г. М. Мехтиева, Дж. А. Нагиев, Ш. Дж. Кулиева,
М. А. Агаева, А. М. Магеррамов

Nəşrin adı: Russian Journal of Applied Chemistry
Çapda.

5 İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər

Layihədə çərçivəsində heç bir patent və səmərələşdirici təklif verilməmişdir.

6 Layihə üzrə ezamiyyətlər (ezamiyyə baş tutmuş təşkilatın adı, şəhər və ölkə, ezamiyyə tarixləri, həmçinin ezamiyyə vaxtı baş tutmuş müzakirələr, görüşlər, seminarlarda çıxışlar və s. dəqiq göstərməlidir)

Layihə çərçivəsində Türkiyə Enerji, Nükleer və Maden Araştırma Kurumu NUKEN (TENMAK) ilə əməkdaşlıq qurulmuşdur. TENMAK tərəfi layihə mövzusunda böyük maraq göstərmişdir. Əməkdaşlıq çərçivəsində cari ilin fevral-mart ayında TENMAK tərəfi Ankarada yerləşən 30 Meqaelektronvoltluq Proton sürətləndicisində sürətləndirilmiş protonların təsiri nəticəsində Ra-226 hədəfində (p,2n) nüvə reaksiyaları aparılması və ilkin eksperimentlərin qoyulması və nəticələrin birgə çap etdirilməsi üçün MNTM QSC-nin alimlərini dəvət etmişdir. Tərəfimizdən dəvətə hazırlıq məqədi ilə Azərbaycan tərəfi olaraq üzərimizə düşən öhtəliklərin yerinə yerilməsi və eksperiment hədəflərinin hazırlanmışdır.

Layihənin planına uyğun olaraq Ra-226 və Ac-225 eləcədə digər radioizotopların birgə iştirak etdiyi mühitdən Ac-225 izotopunun seçici olaraq saflaşdırılaraq ayrılmasının sorbsiyon metodlarının işlənməsi, o cümlədən Ac-225 radioaktiv izotopunun Prostata Spesifik Membran Antigenini (PSMA) antikoru ilə birəşdirmək üçün verilən tələblərə qədər təmizlənməsi və tətbiqi planlaşdırılmışdır. Bu işin icrası üçün tələb olunan cihaz və reagentlər alına bilmədiyi üçün nəzərdə tutulmuş işlərin bir hissəsinin icrası layihənin planında Türkiyə Respublikasına ezamiyyə zamanı Türkiyə Enerji Nüvə və Mədən Araşdırma Kurumunda görülcəyi nəzərdə tutulmuşdur. Bu ezamiyyənin həyata keçirilməsi mümkün olmadığından Mərkəzimizin partnior qurumlarla olan əlaqələrimizdən istifadə edərək, Portuqaliya Lissabon şəhərində yerləşən NOVA İD FCT Universiteti və Lusófona Texnologiyalar Universitetində müvafiq işlərin icra olunması üçün razılıq əldə edilmişdir. Rüb üzrə nəzərdə tutulmuş bir qisim işlərin icrası 21-31 mart tarixlərində adı çəkilən Universitetlərdə icra edilmişdir.



Layihəsi çərçivəsində NOVA İD FCT Universitetinin və Lusófona Texnologiyalar Universitetinin layihə üzvləri ilə keçirilmiş görüşlər zamanı layihənin planına uyğun olaraq, Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi QSC-də hazırlanmış nano tərkibli materialların testi və müasir analitik metodlarla tədqiqi məqsədi ilə WP2 və WP3 nəticələrinin iş paketlərinin müzakirəsi üçün seminar iclas keçirilmişdir. Seminarda WP 3,4-ün icrası çərçivəsində eksperimental və nəzəri tədqiqatlarının planlaşdırılması və aparılması üçün Azərbaycan Respublikası vətəndaşı olan layihə icraçıları üçün nüvə qurğularına keçid icazəsinin alınması üçün məsələ qaldırılmış və müsbət həll edilmişdir.



Layihənin IV rübü üzrə və habelə Ra-226 təbii radioaktiv izotopunu istifadə edilərək 15

	<p>Meqaelektronvolt enerjiyə qədər sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə ($p,2n$) nüvə reaksiyaları nəticəsində Ac-225 tibbi radioizotopunun Portuqaliyanın Coimbra Universitetinin siklortonunda sintezini 30 may-06 iyun tarixlərində aparılmışdır. Təcrübə xərclərinin Portuqaliyanın Coimbra Universiteti tərəfindən qəşılanmışdır. Sintez edilmiş tibbi izotopunun təmizlənmiş və arzuolunma radioizotoplarından ayrılmışdır. Nəticələrin yekun hesabata daxil edilməsi üçün Universitet tərəfi ilə aparılan danışıqlar nəticə vermədiindən hesabata daxil edilməsi mümkün olmamışdır.</p>
7	<p>Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak (əgər varsa)</p> <p>Layihədə ərzində hər hansı elmi ekspedisiyalar təşkil olunmayıb.</p>
8	<p>Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak</p> <p>1st INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RECENT ADVANCES IN FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENCE adlı simpoziumda alınmış nəticələr əsasında bir elmi məruzə edilmişdir.</p>
9	<p>Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s. çıxışlar) (məlumat tam şəkildə göstərməlidir: a) məruzənin növü: plenar, dəvətli, şifahi və ya divar məruzəsi; b) tədbirin kateqoriyası: ölkədaxili, regional, beynəlxalq)</p> <p>Layihə nəticələri əsasında İSC RRPCS 2022 konfransında 1 məruzə edilib və 1 məqalə çap etdirilib.</p>
	
10	<p>Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar, komplektləşdirmə məmulatları</p> <p>Layihə üzrə hər hansı avadanlıqlar, kimyəvi reagent və hədəf radioaktiv izotopları alınmamışdır.</p>
11	<p>Yerli həmkarlarla əlaqələr</p> <p>Layihə üzrə görüləcək analiz, sintez, ölçü və digər elmi tədqiqat işləri çərçivəsində aşağıdakı müəssisə, Universitet, İnstitutlarda elmi kollektivlərlə əlaqələr qurulmuşdur.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Milli Onkologiya Mərkəzi Nüvə Təbabəti Mərkəzi • AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutu • Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti • AMEA-nın Polimer Materialları İnstitutu <p>AMEA-nın Kataliz və Qeyri-Üzvi Kimya İnstitutu</p>
12	<p>Xarici həmkarlarla əlaqələr</p> <p>Layihə çərçivəsində aşağıdakı mərkəzlərlə xarici həmkarlarla əlaqələr qurulmuşdur.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Portuqaliya Lissabon şəhərində yerləşən NOVA İD FCT Universiteti və Lusófona Texnologiyalar Universiteti • Portuqaliyanın Coimbra Universiteti • Türkiyə Cumhuriyeti, Türkiyə Enerji, Nükleer və Maden Araştırma Kurumu NUKEN • Kazaxıstan Respublikasının Milli Nüvə Mərkəzi

- Dubna Birləşmiş Nüvə Tədqiqatları İnstitutu
- Kiev Nüvə Tədqiqatları İnstitutu
- Ankara Universitetinin Nüvə Elmləri İnstitutu

13 Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (əgər varsa)
Layihə çərçivəsində 4 nəfər gənc elmi işçi kadr kimi hazırlığını artırır.

14 Sərgilərdə iştirak (əgər baş tutubsa)
Layihədə müddətində Sərgilərdə iştirak edilməyib

15 Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (əgər baş tutubsa)
Portuqaliya Lissabon şəhərində yerləşən NOVA İD FCT Universiteti və Lusófona Texnologiyalar Universitetində layihənin mövzusunə uyğun olaraq 21-31 mart və Portuqaliyanın Coimbra Universitetində 30 may-06 iyun tarixlərində tarixlərində təcrübə mübadiləsi həyata keçirilmişdir.



Layihə üzrə nəzərdə tutulmuş ölkəmizdə praktiki icrası mümkün olmayan işlərin görülməsi üçün Portuqaliyanın Coimbra Universitetinin siklortonunda sintezi aparılmışdır.

16 Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (məlumatı tam şəkildə göstərməlidir)

Layihə üzrə aparılan tədqiqatlar və alınmış nəticələr əsasında Milli Nüvə Tədqiqatları Mərkəzi QSC-nin saytında material dərc edilmişdir.

<https://www.mntm.az/az/news/742/#s1=1>

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Nağıyev Cəlal Əhədbala oğlu

(imza)

“ ” _____ 2022-ci il

(imza)

“ ” _____ 2022-ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
Elmi-tədqiqat layihələri üzrə əsas grant müsabiqəsinin
(EIF-ETL-2020-2(36)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ NƏTİCƏLƏRİN ƏMƏLİ (TƏCRÜBİ) HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ
VƏ LAYİHƏNİN NƏTİCƏLƏRİNDƏN GƏLƏCƏK TƏDQİQATLARDƏ
İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ HAQQINDA
MƏLUMAT VƏRƏQİ**

(Qaydalar üzrə Əlavə 16)

Layihənin adı: **Təbii radioaktiv izotopların sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə tibbi izotoplara çevrilməsi və sintez məhsullarının ayrı-ayrılıqda saflaşdırılmasının tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Nağıyev Cəlal Əhədbala oğlu**

Qrantın məbləği: **50 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-ETL-2020-2(36)-16/06/1-M-06**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **17 mart 2021 – ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 aprel 2021-ci il– 01 aprel 2022-ci il (3ay əlavə edildi)**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi

1

Layihənin əsas əməli (təcrübi) nəticələri, bu nəticələrin məlum analoqlar ilə müqayisəli xarakteristikası

Aktinium-225 radioizotopunun onkoloji xəstəliklərin müalicə və diaqnostik istiqamətində çatışmazlığı gözlənilən hal olmaqda qaldığında bu izotopun alternativ yollarla alınmasına maraq kəskin şəkildə artıb. Hazırda ən real yol $^{229}\text{Th}/^{225}\text{Ac}$ generator sistemi tərəfindən təbii parçalanma məhsullarından onun ekstraksiya yolu ilə ayırmaqdır. Lakin bu dünyada Ac-225-ə olan tələbatı ödəyə bilmir və irimiqyaslı kommersiya istehsalı hələ inkişaf mərhələsindədir. Bu kontekstdə layihə çərçivəsində aşağıdakı nəticələri əldə etmişik.

1. Siklotonda sürətləndirilmiş protonların Ra-226 hədəfinə təsiri nəticəsində (p,2n) nüvə reaksiyaları ilə Ac-225 radioizotopunun sintezinin optimal rejiminin TALYS-1.95 proqram təminatı vasitəsi ilə nəzəri hesablanmışdır. Ac-225 radioizotopunun sintezi üçün protonun enerjisindən asılılığı öyrənilmişdir və optimal nüvə sintezi getməsi üçün protonun enerjisinin optimal qiyməti ($E_p \text{ max} = 15 \text{ MeV}$ və $\sigma = 567 \text{ mB}$) müəyyənləşdirilmişdir.

Ra-226 radioizotop tərkibli hədəfin sürətləndirilmiş protonların bombardman edilməsi zamanı mümkün nüvə reaksiyalarında yarana biləcək radiofarmoseptik dərman vasitələri üçün yararlı və arzuolunmaz izotopların axratışı aparılmışdır.

GEANT 4 simulyasiyası və TALYS-1.95 kodu tətbiq edilməklə Ra-226 və proton reaksiyasından Ac-225 radioizotopu ilə yanaşı daha 4 arzuolunmaz aktinium (Ac-223, Ac-224, Ac-226 və Ac-227) radioizotopunun əmələ gələcəyi müəyyən edilmiş və Nüvə reaksiyasında hər bir reaksiya məhsulu izotopu üçün radioizotopunun effektiv kəsik qiymətləri hesablanmışdır.

^{226}Ra (p,2n) Ac-225 reaksiyası üçün hədəfə qədər 50 mikrometr qalınlıqlı müxtəlif materiallardan ibarət filterləri nəzərə alınmaqla ən yüksək en kəsik qiymətinin protonun 15,635 meqaelektronvolt enerji qiymətində alınması tərəfimizdən müəyyən edilmişdir. Habelə, Radiofarmasevtik dərman vasitəsi istehsalına yararlı olan Ac-225 radioizotopunun gözlənilən məhsuldarlığını maksimum olması üçün protonun enerjisi 15 MeV-a qədər azaltmaqla və 640 mB effektiv kəsik qiyməti əldə etmək üçün ən yaxşı nəticə verən folqa materialının 50 mikrometr qalınlıqlı tantaldan (Ta) ibarət olması tərəfimizdən aşkar edilmişdir. Ziegler J.F. və əməkdaşları SRIM kodu vasitəsilə 30 mm-lik He soyutma təbəqəsini, və hədəf folqanı (Nb, 50 μm) və 100 μm qalınlıqlı alüminium folqanı vakuumda keçdikdən sonra hədəf materialda proton enerjisinin 15,6 MeV olmasını aşkar etmişlər [1].

Apostolidis C. və əməkdaşları ^{225}Ac -un məhsuldarlığını artırmaq üçün ALICE kodu istifadə etməklə (15 MeV-də təxminən 700 mb) və əvvəlki tədqiqatlarında (16,8 MeV-də təxminən 710 mb) ilə təmin edilən $^{226}\text{Ra}(p,2n)^{225}\text{Ac}$ üçün ən yüksək en kəsiklərini protonun 15,6 MeV hədəf enerjisi qiymətində olmasını müəyyən ediblər [2].

1. Ziegler JF, Ziegler MD, Biersack JP. The stopping and range of ions in matter (SRIM-2013). Available <http://www.srim.org/>. Accessed Apr 9, 2021.
2. Apostolidis C, Molinet R, McGinley J, Abbas K, Möllenbeck J, Morgenstern A. Cyclotron production of Ac-225 for targeted alpha therapy. *Appl Radiat Isot.* 2005;62:383–7.

2. Sintezi edilmiş funksional qruplu yeni seçici sorbentlərlə model məhlulunda ^{226}Ra və ^{225}Ac izotoplarının sorbsiya qanunauyğunluqları tədqiq edilmişdir.

Bu məqsədlə Sürətləndicilərdə protonun təsiri ilə Ra-226 və Th-232 kimi izotopların Ac-225 radioizotopunun sintezindən sonra onun model radioizotop məhlullarından saflaşdırılaraq ayrılması tədqiq edilmişdir. Aktinium elementinin analitik kimyası əraflı öyrənilmiş və ədəbiyyat təhlili hansı funksional qruplarla aktinium ionunun davamlı komplekslər əmələ gətirməsi müəyyənləşdirilmişdir. Actinium-225-liqand qarşılıqlı təsirinə, liqand və mərkəzi ionun homogenliyinə görə kompleks birləşmələr yarada bilən sorbentlərin sintezi edilmişdir. Bu məqsədlə analitik məqsədlərlə tətbiq olunan komersiyalaşdırılmış sorbentlərlə yanaşı əvvəlki tədqiqatlarımızda sintez etdiyimiz fosfon qruplu, xelatəmələgətirici modifikasiya olunmuş sellüloza və karboksil qrupu qətranlar sorbent kimi istifadə edilmişdir.

Məhlulun temperaturu artdıqca sorbentin səthi ilə radium ionları arasındakı elektrostatik itələmə zəifləyir və nəticədə sorbsiya asanlaşması müəyyən edilmişdir.

Sintez olunmuş funksional qruplu yeni polimer sorbentin Actinium-225 radioizotopuna qarşı sorbsiya xassələri öyrənilmiş və $^{226}\text{Ac}/^{225}\text{Ac}$ –un 1/10000 nisbətində nəticə əldə edilməsi üçün sorbsiyaya məhlulun pH-ı, temperaturu, adsorbat və adsorbentin qatılığı, toriumun sorbentdən desorbsiyası, bərk və maye fazanın kontakt müddətinin optimal parametrləri müəyyən edilmişdir.

Jiang Z və əməkdaşları tərəfindən kontakt müddətində təmizlənmiş hədəf nümunələrində potensial ^{226}Ac -un miqdarı istisna aktivlikdən (10 kBq) xeyli yuxarı olması və bu, $^{226}\text{Ac}/^{225}\text{Ac}$ nisbətinin 1/2500 dəyərinə yaxın olduğu hallarda belə ^{226}Ac -un yaratdığı radiasiya risklərinin əhəmiyyətsiz dərəcədə az olacağı göstərilmişdir [3].

3. Jiang Z, Revskaya E, Fisher DR, Dadachova E. In vivo evaluation of free and chelated accelerator-produced actinium-225 – radiation dosimetry and toxicity results. Curr Radiopharm. 2018;11:215–22.

Aparılmış tədqiqat işində nəticə olaraq müəyyən edilmişdir ki, ^{226}Ra hədəfinə sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə optimal şüalanma müddətində ^{225}Ac -in radioizotopunun məhsuldarlığının klinik tələbinə cavab verən aktivliyinin alınması üçün üsul işlənmişdir.

Lahihədə təklif olunan istehsal metodu dünyada aktinium-225-ə artan tələbatını ödəmək üçün əlverişli alternativ yol ola biləcəyini nümayiş etdirir.

2

Layihənin nəticələrinin əməli (təcrübi) həyata keçirilməsi haqqında məlumat (istehsalatda tətbiq (tətbiqin aktını əlavə etməli); tədris və təhsildə (nəşr olunmuş elmi əsərlər və s. – təhsil sistemində tətbiqin aktını əlavə etməli); bağlanmış xarici müqavilələr və ya beynəlxalq layihələr (kimlə bağlanıb, müqavilənin və ya layihənin nömrəsi, adı, tarixi və dəyəri); dövlət proqramlarında (dövlət orqanının adı, qərarın nömrəsi və tarixi); ixtira üçün alınmış patentlərdə (patentin nömrəsi, verilmə tarixi, ixtiranın adı); və digərlərində)

Ra-226 təbii radioaktiv izotopu istifadə edilərək 15 Meqaelektronvolt enerjiyə qədər sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə (p,2n) nüvə reaksiyaları nəticəsində Ac-225 tibbi radioizotopunun Portuqaliyanın Coimbra Universitetinin siklortonunda sintezi aparılmışdır. Təcrübə xərclərinin Portuqaliyanın Coimbra Universiteti tərəfindən qaşılanmışdır. Sintez edilmiş tibbi izotopunun təmizlənmiş və arzuolunma radioizotoplarından ayrılmışdır. Nəticələrin yekun hesabatda daxil edilməsi üçün Universitet tərəfi ilə aparılan danışıqlar nəticə vermədiyindən hesabatda daxil edilməsi mümkün olmamışdır.

1. Layihənin nəticələrindən gələcək tədqiqatlarda istifadə perspektivləri

1

Nəticələrin istifadəsi perspektivləri (fundamental, tətbiqi və axtarış-innovasiya yönlü elmi-tədqiqat layihə və proqramlarında; dövlət proqramlarında; dövlət qurumlarının sahə tədqiqat proqramlarında; ixtira və patent üçün verilmiş ərizələrdə; beynəlxalq layihələrdə; və digərlərində)

Bu layihə çərçivəsində ölkəmizdə nüvə sintezi aparmaq üçün zəruri olan yüksək texnoloji avadanlıqların mövcud olamaması səbəbindən, mümkün olmayan tədqiqat işlərinin gələcəkdə beynəlxalq elmi kolobarasiya çərçivəsində davam etdirilməsinə ehtiyac duyulur və layihə komandamız bu istiqamətdə faliyyətini davam etdirir. Hazırda layihə çərçivəsində alınan

ümidverici nəticələr əsasında Portuqaliyanın Coimbra Universiteti, NOVA İD FCT Universiteti və Lusófona Texnologiyalar Universitetinin elmi texniki heyətləri ilə birlikdə Avropa İttifaqının HORIZON 2020 çərçivəsində layihə mövzusunə aid və onun davamı kimi yeni layihə tərəfimizdən hazırlanmaqdadır.

Bu layihədə alınan nəticələrə görə Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fonduna verdiyi bütün dəstək üçün komandamız və şəxsən öz adımdan dərin minnətdarlığımı bildirir və layihə mövzusunə aid gələcək layihələrimizdə əməkdaşlıq etməkdən məmnunluq duyacağımızı bildirmək istərdik.

SİFARIŞÇI:

Elmin İnkişafı Fondu

Baş məsləhətçi

Quliyeva Mülayim Sahib qızı

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il

İCRAÇI:

Layihə rəhbəri

Nağıyev Cəlal Əhədbala oğlu

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA
ELMİN İNKİŞAFI FONDU**

MÜQAVİLƏYƏ ƏLAVƏ

**Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun
Elmi-tədqiqat layihələri üzrə əsas qrant müsabiqəsinin
(EIF-ETL-2020-2(36)) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə**

**ALINMIŞ ELMİ MƏHSUL HAQQINDA MƏLUMAT
(Qaydalar üzrə Əlavə 17)**

Layihənin adı: **Təbii radioaktiv izotopların sürətləndirilmiş protonların təsiri ilə tibbi izotoplara çevrilməsi və sintez məhsullarının ayrılaraq saflaşdırılmasının tədqiqi**

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: **Nağıyev Cəlal Əhədbala oğlu**

Qrantın məbləği: **50 000 manat**

Layihənin nömrəsi: **EIF-ETL-2020-2(36)-16/06/1-M-06**

Müqavilənin imzalanma tarixi: **17 mart 2021 – ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 aprel 2021-ci il– 01 aprel 2022-ci il (3ay əlavə edildi)**

Diqqət! Bütün məlumatlar 12 ölçülü Arial şrifti ilə, 1 intervalla doldurulmalıdır

1. Elmi əsərlər (sayı)

No	Tamliq dərəcəsi	Dərc olunmuş	Çapa qəbul olunmuş və ya çapda olan	Çapa göndərilmiş
1.	Elmi məhsulun növü			
	Monoqrafiyalar həmçinin, xaricdə çap olunmuş		0	0
2.	Məqalələr	Сорбция урана из водных растворов на модифицированных форм целлюлозу		1

	həmçinin xarici nəşrlərdə	Структурированные акрилонитрилом тройные соолиго-меры 4-изопропенил-фенола, фенола и формальдегида в качестве сорбентов для извлечения уранил-ионов из водных систем	1	
3.	Konfrans materiallarında məqalələr O cümlədən, beynəlxalq konfrans materiallarında	Təbii izotopların sürətləndirilmiş protonların təsirlə tibbi izotoplara çevrilməsi, onların radiospektrometrik metodlarla təyini və ayrılaraq saflaşdırılmasının tədqiqi	1	
4.	Məruzələrin tezisləri həmçinin, beynəlxalq tədbirlərin toplusunda	Study of application of new synthesized polymer sorbent in concentrated separation of uranyl ions from wastewaters	1	
5.	Digər (icmal, atlas, kataloq və s.)			

2. İxtira və patentlər (sayı)

№	Elmi məhsulun növü	Alınmış	Verilmiş	Ərizəsi verilmiş
1.	Patent, patent almaq üçün ərizə	0	0	0
2.	İxtira	0	0	0
3.	Səmərələşdirici təklif	0	0	0

3. Elmi tədbirlərdə məruzələr (sayı)

№	Tədbirin adı (seminar, dəyirmi masa, konfrans, qurultay, simpozium və s.)	Tədbirin kateqoriyası (ölkədaxili, regional, beynəlxalq)	Məruzənin növü (plənar, dəvətli, şifahi, divar)	Sayı
1.	Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti “Postkonflikt Vəziyyətlərdə Yenidənqurma və Bərpa” II Beynəlxalq Elmi Konfransı	Beynəlxalq	plənar	1

2.	1st International Symposium On Recent Advances In Fundamental And Applied Sciences (Isfas-2021)	Beynəlxalq	şifahi	1
----	---	------------	--------	---

SİFARIŞÇI:**Elmin İnkişafı Fondu****Baş məsləhətçi****Quliyeva Mülayim Sahib qızı**

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il

İCRAÇI:**Layihə rəhbəri****Nağıyev Cəlal Əhədbala oğlu**

(imza)

“ _ ” _____ 20_ -ci il