

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**RADİONUKLİDLƏRLƏ ÇİRKLƏNMİŞ
TORPAQLARIN TƏMİZLƏNMƏSİ
PROSESLƏRİNİN TƏDQİQİ**

İxtisas: 2305.01 – Nüvə kimyası

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Həcər Nohbala qızı Şirəliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2023

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Kimya elmləri doktoru, dosent
Xaqani Fərzulla oğlu Məmmədov

Rəsmi opponetlər: Kimya elmləri doktoru, professor
Akif Şıxan oğlu Əliyev

Kimya elmləri doktoru, professor
Eldar İsa oğlu Əhmədov

Kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Sahib Qiyas oğlu Məmmədov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.22 Dissertasiya şurası.

Dissertasiya şurasının
sədri: AMEA-nın müxbir üzvü, kimya
elmləri doktoru, professor
İslam İsrafil oğlu Mustafayev

Dissertasiya şurasının
elmi katibi: kimya üzrə fəlsəfə doktoru
Ülviyyə Aydın qızı Quliyeva

Elmi seminarın sədri: kimya elmləri doktoru, professor
Müslüm Əhməd oğlu Qurbanov

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Böyük miqyaslı nüvə qəzaları baş vermiş AES-lərin ətrafında radioaktiv tullantılarla çirklənmiş böyük ərazilərin köçürülmüş sakinlər və xüsusilə AES-lərin işçi personalı üçün təhlükəsiz vəziyyətə gətirilməsi məqsədilə təcili dezaktivasiya tədbirlərinin aparılması zərurəti yaranır. Qeyd edilmiş tədbirlərin effektivliyinin təmin edilməsi məqsədilə çoxsaylı elmi-tədqiqat işlərinin aparılması nüvə potensialına malik ölkələrdə bu gün də davam etdirilir, mühüm əhəmiyyətli nəticələrdən çox vaxt istehsalatda və dezaktivasiya proseslərinin aparılmasında istifadə edilir.¹

İndiyədək radionuklidlərlə çirklənmiş torpaqların karantin qaydalarına uyğun olaraq kənar şəxslərin daxil olmaması məqsədilə xəbərdaredici işarələrlə və ayırıcı çəpərlə əhatələnməsi, səthi çirklənmə hallarında dezaktivasiya tədbirlərinin həyata keçirilməsi, böyük zərurət yarandığı halda kimyəvi tullantılarla ifrat çirklənmiş lokal torpaq sahələrinin üst layının tam köçürülməsi və digər təmiz torpaq layı ilə əvəzlənməsi variantlarından istifadə edilmişdir. Çirklənmiş səthlərin dezaktivasiyası əsasən texnikanın, xüsusən hərbi texnikanın, yolların, tikililərin, silahların və hərbi paltarların təmizlənməsi məqsədilə həyata keçirilir və səthi çirklənmə hallarının aradan qaldırılmasına xidmət edir. Bu proseslər səthlərin qismən təmizlənməsi ilə yanaşı, radionuklid ekstraktlarının torpağa dağılması və hopması ilə müşayiət olunur.

Torpağı əhatələməklə uzunmüddətli təbii təmizlənmə prosesini gözləmək torpağın tam dezaktivasiyası üçün əsrlərlə vaxt sərfiyyatına gətirib çıxaracaqdır. Bu prosesi qismən sürətləndirmək üçün periodik olaraq çirklənmiş ərazinin bitki örtüyünü biçib yandırmaq və yaranan mineral qalıqların mövcud izotop poliqonunda ("izotop qəbiristanlığında") basdırılması isə çoxillik tədbirlər seriyası hesabına çətin reallaşdırıla bilən prosesdir. Buna görə radionuklidlərlə

¹ Дегтярев, В.В. Сорбент и сорбционно-десорбционный способ выделения урана и соединений актиноидов с его использованием. Патент RU 2256497 C1.–20.07.2005, –с.1-6 / Апканеев А.В.

çirklənmiş torpaqların daha effektiv (nisbətən qısa müddətdə və azmərhələli) təmizlənməsi üsulunun işlənilib hazırlanmasına ehtiyac vardır. Nüvə tullantıları ilə çirklənmiş torpaqların, materialların mövcud dezaktivasiya üsulları ilə müqayisədə daha az iş vaxtı, enerji, maliyyə və reaktiv sərfiyyatı tələb edən yüksək təmizlənmə dərəcəsi (böyük dezaktivasiya əmsalı) ilə xarakterizə olunan təmizləmə üsulunun işlənilib hazırlanması radiokimyəvi tədqiqatların aktual sahələrindəndir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tədqiqat işinin obyektı nüvə yanacağı tullantıları ilə çirklənmiş torpaqlar, dezaktivasiya prosesləri nəticəsində ayrılmış və nüvə materialı tullantıları anbarlarına yığılması üçün göndərilən radioaktiv maddə tullantılarıdır. Nüvə yanacağı və radioaktiv tullantılarla çirklənmiş torpaqların mövcud təmizlənmə üsulları az effektivliyi və çoxmərhələli olmaları, həmçinin torpağın radionuklidlərlə zəngin narın gilli fraksiyasının da ayrılmış radionuklidlərlə birgə radioaktiv tullantıların saxlandığı anbarlara və ya nüvə qəbiristanlıqlarına göndərilməsi, yəni nüvə tullantıları anbarlarının tez dolmaları ilə xarakterizə olunur. Dissertasiyanın predmeti qismində radiasiya kimyası, radiokimya və analitik kimya sahələrində mövcud tədqiqat üsullarından istifadə edilməklə radioaktiv maddələrlə çirklənmiş torpaq nümunələrinin mövcud dezaktivasiya üsullarından daha effektiv təmizlənmə üsulunun işlənilib hazırlanması nəzərdə tutulmuşdur.

Dissertasiya işinin məqsədi radiokimya və nüvə kimyasının aktual problemlərindən biri olan nüvə yanacağı və radioaktiv tullantılarla çirklənmiş torpaqların radioaktiv maddələrdən və nüvə yanacağı tullantılarından qısa müddətdə effektiv təmizlənməsi proseslərinin tədqiqi və radionuklidlərin torpaqdan effektiv ayrılması üsulunun (dezaktivasiyası prosesinin) işlənilib hazırlanmasıdır.

Bu məqsədlə ağır metalların, radionuklidlərin effektiv həll olmasını təmin edən reaktivlərdən (HNO_3 , HCl , onların qarışığı, NaOH) istifadə edilməsi və işlənmiş torpağın su ilə yuyulması hesabına reaktiv sərfiyyatının azaldılması nəzərdə tutulmuşdur.

Dissertasiya işi qarşısında qoyulmuş məqsədə nail olmaq üçün radiometrik ölçmə, analitik və fiziki-kimyəvi tədqiqat

metodlarından istifadə edilməklə aşağıdakı məsələlərin həlli planlaşdırılmışdır:

- ölkə ərazisində ümumi radioaktiv fonun və torpaq sahələrində alfa, beta, qamma və neytron detektorları ilə təmin edilmiş sayğaclarla və radiometrlərlə müvafiq radioaktiv şüalanma növlərinin monitorinqlərinin aparılması;

- radioaktiv şüalanma fonu nisbətən yüksək olan ərazilərdən götürülmüş torpaq nümunələrinin radionuklidlərlə çirklənməsinin tədqiqi;

- nüvə materialı (uranil nitrat) məhlullarının müxtəlif adsorbentlərdən keçirilməsindən sonra adsorbentlərdə və məhlul qalığında radionuklidlərin aktivliklərinin müqayisəli analizi, məhlulun radionuklidlərdən təmizlənmə dərəcələrinin qiymətləndirilməsi;

- uranil nitratla çirklənmiş torpaq nümunələrində uran izotoplarının aktivliklərinin təyini;

- uranil nitratla çirklənmiş torpaq nümunələrini müxtəlif ardıcılıqla və nisbətlərdə zəif turşu, qələvi məhlulları və distillə suyu ilə ekstraksiya etməklə, nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaqların və onların ekstraktlarının qamma spektroskopik analizi ilə torpaq nümunələrinin təmizlənmə dərəcələrinin təyini;

İddiaçı aşağıdakı müddəaları müdafiə edir:

- radioaktiv elementlərin fərdi izotoplarının sertifikatlaşdırılmış standart nümunələrinin təcrübə dövründəki aktivliklərinin və müqayisəli analizlər üçün zəruri energetik spektral intensivliklərinin təyini;

- torpağın qamma spektroskopik analizinin nəticələrini standart fərdi izotop nümunələrinin qamma spektroskopik analizinin nəticələri ilə müqayisə etməklə radionuklidlərlə çirklənmiş torpaq nümunələrində aşkar edilmiş fərdi radioaktiv izotopların aktivliklərinin təyini və uran izotoplarının uranil nitrat məhlullarından müxtəlif adsorbentlərlə adsorbsiyası;

- uranil nitratla çirklənmiş torpaq nümunələrinin, - zəif turşu, qələvi məhlulları ilə ekstraksiya etməklə və sonra distillə suyu ilə yumaqla, - təmizlənmə dərəcələrinin təyini.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- radionuklidlərlə, nüvə materialı ilə çirklənmiş və təbii radionuklidlərlə zəngin torpaq nümunələrində radioaktiv elementlərin aktivliklərinin - sertifikatlaşdırılmış fərdi izotop nümunələrinin təcrübə dövründəki aktivlikləri ilə müqayisə etməklə təyini və nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaq nümunələrindən alınmış sulu məhlullardan müxtəlif adsorbentlərlə uran izotoplarının adsorbsiya dərəcəsinin təyini;

- nüvə materiallarına aid edilən uranil nitratla çirklənmiş torpaq nümunələrinin ardıcıl olaraq duru turşu, qələvi məhlulları və distillə suyu ilə ekstraksiya etməklə və qalıq torpaq nümunələrinin təkrar analizi ilə torpaq nümunələrinin radionuklidlərdən təmizlənmə dərəcəsinin təyini;

- uranil nitratla çirklənmiş torpaq nümunələrini ardıcıl olaraq duru turşu, qələvi məhlulları və distillə suyu ilə ekstraksiya etməklə təmizlənməsi prosesinin texniki-iqtisadi qiymətləndirilməsi və optimal parametrlərinin təyini.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Alınmış nəticələr kimya, ekologiya, radiokimya, nüvə kimyası, radiasiya kimyası, radioekologiya, radiasiya materialşünaslığı kimi sahələrdə mühüm əhəmiyyətə malik məlumat bazasının zənginləşməsinə xidmət edir. Elmi tədqiqat işinin nəticələri və tədqiqat metodikaları aşağıdakı hallarda və sahələrdə istifadə oluna bilər:

- dissertasiyanın giriş, ədəbiyyat icmal hissəsində şərh edilmiş nüvə texnologiyası və energetikası obyektlərində baş vermiş qəza hadisələri ərazilərində radionuklidlərlə çirklənmiş torpaqların təmizlənməsi, bu ərazilərin canlıların təhlükəsiz yaşamasına yararlı vəziyyətə gətirilməsi üçün;

-təbii radionuklidlərlə zəngin və ya nüvə materialları tullantıları ilə çirklənmiş torpaqlardan axıb gələn çayların gətirdiyi və çayın mənsəbinə yaxın radioaktiv izotopların akkumulyasiyası nəticəsində çirklənmiş ərazilərin zəruri hallarda əkinçilik üçün yararlı kondisiyaya gətirilməsi məqsədilə;

-yüksək radioaktiv şüalanma fonu aşkar edilmiş ərazilərdə radioaktiv maddələrin aşkarlanması, növlərinin təyini, torpaqdan ayrılması, radionuklidlərin qatı ekstraktlarının alınması və mürəkkəb

izotop zənginləşdirilməsi prosesinin aparılması üçün istifadə edilə bilər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı beynəlxalq və respublika konfranslarında məruzə və müzakirə edilmiş və həmin konfransların materiallarında dərc edilmişdir:

- Beynəlxalq elmi-texnoloji konfrans. Təbii fəlakətlər və insan həyatı təhlükəsizliyi. (International scientific-technological conference. Natural disasters and human life safety). Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi və AzMİU nəzdində Elmi-praktiki konfrans, 04-06 dekabr 2017, Bakı;

- Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. Radiasiya və kimya təhlükəsizliyi problemləri. (International scientific-practical conference. Radiation and chemical safety problems). Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi və AzMİU nəzdində Elmi-praktiki konfrans, 05-06 noyabr 2019, Bakı;

- Scientific Achievements of Modern Society. XII International Scientific and Practical Conference, July 22-24, 2020, Liverpool, UK.

- International conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Beijing, 28 Oktober, China, 2020.

- Modern science: problems and innovations. Abstracts of the 9th International scientific and practical conference. 17 November 2020 year, Stockholm, Sweden.

- Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə fəvqəladə hal riskləri. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi və AzMİU nəzdində Elmi-praktiki konfrans. 21 may 2021-ci il.

- The I International Science Conference “Multidisciplinary Academic Explorations”. Proceedings of Conference. Amsterdam, Netherlands. January 10-12, 2022.

Nəşrlər: Tədqiqat işinin nəticələri xarici və respublika elmi jurnallarında və konfrans materiallarında çap olunmuş 22 elmi əsərdə (15 məqalə və 7 konfrans materialında) öz əksini tapmışdır.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı:

Dissertasiya işi 2015-2022-ci illərdə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işi 4 fəsildən ibarətdir.

İşin strukturu və həcmi: Dissertasiya işi 65 şəkildən, 17 cədvəldən, 171 səhifədə şərh edilmiş giriş hissədən, dörd fəsildən, nəticədən və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyada ədəbiyyat siyahısında qeyd edilmiş 204 elmi ədəbiyyat materiallarından istifadə edilmişdir.

İŞİN MƏZMUNU:

Giriş hissədə dissertasiya işinin aktuallığı, məqsədin formalaşdırılması və əsas tapşırıqlar, elmi nəticələrin yenilikləri, işin təcrübi və tətbiqi əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin aprobasiyası və fəsillərin qısa məzmunu şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə Yer kürəsində baş vermiş ekoloji fəlakətlər və nüvə qəzaları nəticəsində ətraf mühit obyektlərinin çirkləndirilməsi, yaranmış ekoloji durumun analizi aparılmışdır. Böyük nüvə qəzalarından sonra geniş torpaq ərazilərinin radionuklidlərlə və nüvə yanacağı tullantıları ilə çirklənməsi hallarının araşdırılması və həmin ərazilərdə yaşayan sakinlərin və AES əməkdaşlarının radiasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi məqsədilə tətbiq edilmiş təmizlənmə üsullarının müqayisəli analizi aparılmışdır.² Əksərən çoxmərhələli və az rentabelli olan bu proseslərin daha effektiv dezaktivasiya üsulu ilə əvəz edilməsi təklif edilmişdir. Bu məqsədlə nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaqların mövcud təmizlənmə üsullarından daha effektiv yeni dezaktivasiya üsulunun işlənib hazırlanması üçün sisteməlik tədqiqatlar aparılması istiqamətləri əsaslandırılmışdır. Mövcud dezaktivasiya üsullarının torpaqdan ayrılmış hissəsinin radionuklid fraksiyası ilə narin qum fraksiyasının qarışığı halında olması, yəni tullantı saxlanc-anbarlarının tez dolmasına səbəb olduğundan, ya az effektiv (kiçik dezaktivasiya əmsalına malik) ya da çoxmərhələli proseslərdən ibarət olduğundan, müvafiq olaraq az rentabelli olduğundan, çox maliyyə və vaxt sərfiyyatı tələb etdiklərindən çirklənmiş torpağın təhlükəsiz səviyyəyədək

² Котов, Ю.Б. Микроволновое излучение при крупных авариях на АЭС / Ю.Б.Котов, Т.А.Семенова //Атомная энергия, –2015, т.118, Вып.4, –с. 219-224.

təmizlənməsini təmin edən yeni, effektiv, sürətli dezaktivasiya (təmizləmə) üsulunun elmi əsaslarının işlənilib hazırlanmasına ehtiyac vardır. Radiasiya təhlükəsizliyini təmin etmək məqsədilə çirklənmiş torpağın radioaktiv komponentlərdən təmizlənməsi üsullarının işlənilib hazırlanması radiokimyəvi tədqiqatların aktual problemlərindən biridir. Hazırkı işdə təbii radionuklidlərlə yanaşı uranil nitrat və uran izotopları ilə çirklənmiş torpağın təmizlənməsi imkanlarının tədqiq edilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Bu məqsədlə aparılan təcrübələrdə model sistem qismində uran izotopları ilə çirklənmiş sulu məhlullardan, su təmizlənməsi texnologiyasında istifadə edilən adsorbentlərdən (aktivləşdirilmiş çınqıllı qum kütləsindən, kömürdən, antrasitdən, kationitdən) istifadə edilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Radionuklidlərlə çirklənmiş torpağın nisbətən qısa müddətdə və daha effektiv təmizlənməsi mümkünlüyünün öyrənilməsi məqsədilə, yəni radionuklidlərlə çirklənmiş torpaq nümunələrinin təmizlənməsi üçün ağır metalların, radionuklidlərin effektiv həll olmasını təmin edən reaktivlərdən (HNO_3 , HCl , onların qarışığı, NaOH), daha sonra distillə edilmiş su ilə yuyulması proseslərindən istifadəsi və bununla işlənmiş torpağın su ilə yuyulması hesabına reaktiv sərfiyyatının azaldılması planlaşdırılmışdır.

İkinci fəsildə aparılmış təcrübələrin metodikası şərh edilmişdir. Ölkə ərazisində radiomonitorinqlər zamanı “Thermo Eberline R020 SI” (Thermo Electron Co.) dozimetrlə, “PRM-470CG” (Tesla Systems Ltd.) qamma şüaları sayğacıyla, “InSpector 1000” (“Canberra” Co, ABŞ) radiometr-dozimetrlə, alfa-spektrometrlə (“Canberra” Co, ABŞ), “Radiagem 2000” (“Canberra” Co, ABŞ) alfa, beta, qamma, neytron şüalanmalar üçün radiometr-sayğacları ilə, ИСП-PM1401K-01 İP65 (Polimaster-Minsk, Belorussiya) axtarış qamma-neytron radiometr-dozimetrlə, “İdentiFINDER” (Thermo Scientific Co., AFR) ionlaşdırıcı qamma şüalanması “dozimetr–izotop təyinedici” ilə (şəkil 1) radiometrik ölçmələrin aparıldığı, alfa, beta, qamma, neytron şüalanma növlərinin mövcudluğunun qiymətləndirildiyi, mövcud şüalanma növlərinin intensivliyinin təyin edildiyi, radionuklidlərin sertifikatlaşdırılmış standart məhlulları və standart nöqtəvi mənbələrlə kalibrəlmə əsasında radioizotopların

növünün və aktivliklərinin təyini üçün yüksək təmizliyə malik HPGe detektorlu Qamma Spektrometrində analizlər aparıldığı və analizlərin metodikası şərh edilmişdir.



A



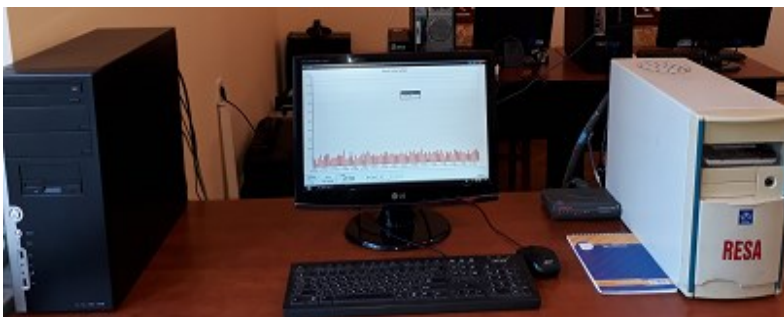
B



C



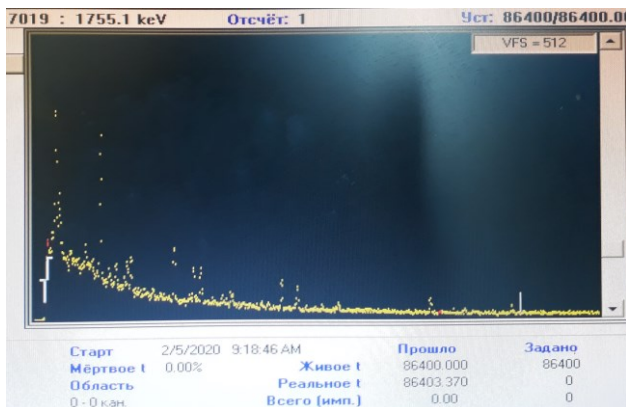
D



E



F



J

Şəkil 1. Sayğac-dozimetr-radiometrlərin (Thermo Eberline R020 SI, PRM-470CG, İnSpector-1000, İdentiFINDER, GR-135 Plus) və XRF-rentgen spektrometrin (A), HPGe-qamma spektrometrin (B), Radiagem 2000 alfa, beta, qamma, neytron şüalanmalar üçün radiometr-sayğacının (C), ИСП-PM1401K-01 IP65 axtarış radiometr-dozimetrimin (D), monitoring “RESA” radiometrimin (E), çirklənmiş torpaqdan ekstraksiya edilib qurudulmuş uranil nitrat duzu /nüvə materialı/ (F) və onun HPGe-Qamma spektrometrində çəkilmiş spektrinin (J) ümumi görünüşü.

Aktivlikləri təyin edilmiş nöqtəvi radionuklid mənbələrinin spektrlərinin eyni ölçülü, eyni çəkili, eyni aqreqat formalı naməlum tərkibli mineralın qamma spektri ilə müqayisəli analizinə əsasən həmin mineralın tərkibində hansı radionuklidlərin və nə miqdarda olması radionuklid naviqatoru proqramı və radiokimya kataloqları ilə müqayisə edilməklə təyin edilmişdir.³

Aparılmış radiometrik ölçmələr və spektrometrik analizlər zamanı (ehtimal təbiətli və statistik xüsusiyyətli radioaktiv parçalanma qanununa uyğun olaraq) yarımparçalanma periodu ərzində radioaktiv maddə atomlarının orta hesabla yarısı miqdarında

³ Ефимов, А. И. “Свойства неорганических соединений”. А. И. Ефимов, Л. П. Белорукова, И. В. Василькова, В. П. Чечев. //Справочник, -1983, -с. 21-55.

parçalanmalarına baxmayaraq hər hansı ixtiyari kiçik zaman intervalında hesablama ilə alınmış qiymətlə cihaz göstəricisi arasında 5%-dək ($\pm 5\%$) fərq, yəni təbii radioaktiv şüalanma üçün xarakterik fluktuasiyalar müşahidə olunmuşdur.

Ölkə rayonlarında keçirilmiş radiomonitorinqlər zamanı torpağın üst layından, səthdən 15 sm dərinliyədək qazılaraq götürülmüş nümunələrin stasionar laboratoriya şəraitində analitik kimyəvi və fiziki-kimyəvi tədqiqat üsullarından istifadə etməklə analizləri aparılmışdır. Bu məqsədlə “analiz üçün kimyəvi təmiz” reaktivlərin sulu məhlulları ilə ekstraksiya, filtrasiya, sentrifugada ayırma, aktivləşdirilmiş və ion-mübadiləsi adsorbentlərindən keçirtmə, reaktivlə çökdürmə, qaynadaraq buxarlandırmaqla mineralı məhluldan ayırma, keyfiyyət reaksiyaları, “HANNA instrument” Hİ 96707, Hİ 96708, Hİ 96728 spektrometrlərində standart testlərlə kation və anionların konsentrasiyalarının təyini, torpaq minerallarının, o cümlədən ağır metalların “Expert-3L” (Ukrayna) və “XRF” (ABŞ) rentgen-flüoressent spektrometrləri və “AA-6800” (Shimadzu, Yaponiya) atom-absorbsiya spektrometri ilə təyini, torpaqdakı radionuklidlərin eyniləşdirilməsi üçün radiometrik ölçmələr, alfa spektrometrik (“Canberra”, ABŞ) və qamma spektrometrik (HPGe detektorlu qamma spektrometr, “Canberra”, ABŞ) analizlər aparılmışdır. Analizlər üçün istifadə edilən nüvə materialı tullantıları ilə çirkələnmiş model torpaq nümunələri ölkə rayonları ərazilərindən götürülmüş torpaqların 200 qramlıq hissələrinə aktivliyi öncədən təyin edilmiş uranil nitrat məhlulu əlavə edilməklə hazırlanmışdır. Model nümunə qismində hazırlanmış nüvə materialı ilə çirkələnmiş torpaq nümunələrinin kompleks analizləri üçün İSO 9001 və 9002 standartlarının tələblərinə cavab verən testlərdən və reaktivlərdən (“HANNA Instruments, Hİ 93728-01, Hİ 93707-01, Hİ 93708-01 /Rumıniya-ABŞ/, Merck kGaA /Almaniya/, VWR PROLABO /Fransa/, Lachema /Çexiya/, AO “База №1 Химреактивов” /RF/) istifadə edilmişdir.

Radionuklidlərin standart məhlulları ilə kalibrləmə əsasında uran radioizotopların növünün və analiz zamanı aktivliklərinin təyini alfa və qamma spektrometrik analizlər aparılmışdır.

Üçüncü fəsildə radiometrik ölçmələrin nəticələri, mövcud şüalanma növləri və intensivlikləri, təyin edilmiş radionuklidlərin aktivliklərinin qiymətləri, HPGe detektorlu Qamma Spektrometrində aparılmış analizlərlə uranil nitrat (nüvə materialı) məhlulunun müxtəlif qatılıqlı standart məhlullarından müxtəlif miqdarlarda adsorbentlərlə adsorbsiyasının qanunauyğunluqları şərh edilmişdir. Radionuklidlərlə, nüvə materialı ilə çirklənmiş və təbii radionuklidlərlə zəngin torpaq nümunələrində radioizotopların (sertifikatlaşdırılmış fərdi izotop nümunələri ilə müqayisə etməklə) təyini, kimyəvi reaktivlərlə ekstraksiya etməklə torpaqdan ayrılmış radioizotopların sulu məhlullardan müxtəlif adsorbentlərlə adsorbsiya dərəcələri göstərilmişdir. Ölkə ərazisindən götürülmüş torpaq nümunələrində mövcud radionuklidlərin növləri və aktivlikləri təyin edilmişdir.

Azərbaycan Respublikası ərazisində əhali üçün orta illik dozanın icazə verilən qiyməti 1 mZv təşkil edir ki, bu da şüalanma mənbəyi ilə daim təmasda olan (bu ərazidə yaşayan) insanlar üçün udulmuş 0,115 (təxminən 0,12) mkZv/saat doza gücünə proporsionaldır. Ölkə ərazilərində aparılmış radiometrik ölçmələrin nəticələri göstərir ki, ölkənin əksər ərazilərində ümumi radioaktiv şüalanmanın intensivliyi, yəni udulan dozanın gücü (0,03-0,12 mkZv/saat) Yol Verilən Həddi /YVH = 0,12 mkZv/saat/ ötmür. Ölkə rayonlarının torpaqları üçün alfa şüalanma səviyyəsi 0-0,03 Bqeq/sm² təşkil edir. Bununla yanaşı, ölkə ərazisində ümumi radioaktiv şüalanmanın udulan doza gücünün (0.15-3.75 mkZv/saat) YVH-dən dəfələrlə yüksək olduğu, alfa şüalanma səviyyəsinin 0.03-0.35 Bqeq/sm² təşkil etdiyi lokal sahələrin mövcud olduğu da aşkar edilmişdir.

Tərkiblərində müxtəlif konsentrasiyalarda təbii radioaktiv elementlər aşkar edilmiş torpaq nümunələrinin müxtəlif miqdarlarda nitrat turşusunun və ya natrium qələvisinin, həmçinin nitrat və xlorid turşuları qarışığının distillə suyunda məhlulları ilə yuyulduqdan sonra aşkar edilmiş dezaktivasiya əmsalları, yəni torpaq nümunələrində izotopların aktivliklərinin (2 - 20 dəfə) kiçilməsi çirklənmiş torpaqların kimyəvi reaktivlərlə dezaktivasiyasının mümkünlüyünü göstərir.

Kiçik həcmərdə məhlulların tam buxarlandırılması ilə alınmış ağ duz şəklində mineralların (quru qalıq) spektroskopik analizi sulardakı və torpaqdakı təbii radionuklidləri (Na^{22} , K^{40} və s.) təyin etməyə imkan verir. Böyük miqdarda tullantı sularının radionuklidlərdən təmizlənməsi üçün isə effektiv adsorbentlərin tapılmasına ehtiyac duyulur. Eyni növ adsorbentdən istifadə zamanı adsorbentin miqdarının artmasına tərs mütənəsb olaraq məhluldan uranil nitratın azalması baş verir. Nüvə materialı tullantılarının sulu məhlullarından radioizotopların dənəvər aktivləşdirilmiş kömürdə, antrasitdə, çınqıllı qumda, DOWEX HCR S/S kationitində, keramzit kütlələrində adsorbsiyası qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Tədqiqatların nəticələri 1-5 saylı cədvəllərdə göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Xüsusi aktivlikləri müvafiq olaraq 90 və 60 Bq olan ^{238}U və ^{235}U radioizotoplarının uranil nitrat məhlulundan aktivləşdirilmiş kömür kütləsində adsorbsiyası və prosesin dezaktivasiya əmsalı ($D\Theta = A_{\text{ilkin məhlul}}/A_{\text{məhlul qalıq}}$).

Adsorbentin miqdarı, q	Uran izotoplarının 1 saat ərzində uranil nitratın sulu məhlulundan aktivləşdirilmiş kömür kütləsinə adsorbsiyası və müvafiq prosesin dezaktivasiya əmsalının dəyişməsi			
	$A_{\text{adsorbent}}(^{238}\text{U})$ və ya $A_{\text{ilkin məhlul}} - A_{\text{qalıq məhlul}}$	$D\Theta(^{238}\text{U}), (A_{i.m.}/A_{q.m.})$	$A_{\text{adsorbent}}(^{235}\text{U})$ $(A_{i.m.} - A_{q.m.})$	$D\Theta(^{235}\text{U}), (A_{i.m.}/A_{q.m.})$
3	5	1.06	2	1.03
10	10	1.13	7	1.13
20	15	1.20	12	1.25
50	25	1.38	22	1.58
100	45	2.00	38	2.73

Uranil nitrat məhlulundakı iz miqdarında U^{234} , U^{236} , U^{237} izotopları aktivləşdirilmiş kömür kütləsinin kiçik miqdarları ilə tam udulur, 100 q aktivləşdirilmiş kömür kütləsində uranil nitrat məhlulundakı U^{238} izotopunun 50%-i ($A_{\text{ads.}} \times 100\% / A_{i.m.} = 45$

Bq×100% / 90 Bq = 50%), U^{235} izotopunun isə 63%-i ($A_{\text{ads.}} \times 100\% / A_{\text{i.m.}} = 38 \text{ Bq} \times 100\% / 60 \text{ Bq} = 63\%$) adsorbsiya edir.

Cədvəl 2.

Xüsusi aktivlikləri müvafiq olaraq 90 və 60 Bq olan ^{238}U və ^{235}U radioizotoplarının uranil nitrat məhlulundan dənəvər antrasit kütlələrində adsorbsiyası və prosesin dezaktivasiya əmsalı ($D\Theta = A_{\text{ilkin məhlul}}/A_{\text{məhlul qalıqı}}$).

Adsorbentin miqdarı, q	Uran izotoplarının 1 saat ərzində uranil nitratın sulu məhlulundan dənəvər antrasit kütləsinə adsorbsiyasına uyğun dezaktivasiya əmsalının dəyişməsi			
	$A(^{238}\text{U})$	$D\Theta(^{238}\text{U})$	$A(^{235}\text{U})$	$D\Theta(^{235}\text{U})$
3	2	1.02	2	1.03
10	5	1.06	5	1.09
20	8	1.10	8	1.15
50	18	1.25	13	1.27
100	30	1.5	19	1.46

Cədvəl 3.

Xüsusi aktivlikləri müvafiq olaraq 90 və 60 Bq olan ^{238}U və ^{235}U radioizotoplarının uranil nitrat məhlulundan çınqıllı qum kütlələrində adsorbsiyası və prosesin dezaktivasiya əmsalı ($D\Theta = A_{\text{ilkin məhlul}}/A_{\text{məhlul qalıqı}}$).

Adsorbentin miqdarı, q	Uran izotoplarının 1 saat ərzində uranil nitratın sulu məhlulundan çınqıllı qum kütləsinə adsorbsiyasına uyğun dezaktivasiya əmsalının dəyişməsi			
	$A(^{238}\text{U})$	$D\Theta(^{238}\text{U})$	$A(^{235}\text{U})$	$D\Theta(^{235}\text{U})$
3	5	1.06	3	1.05
10	7	1.08	7	1.13
20	13	1.20	12	1.25
50	25	1.38	20	1.50
100	37	1.70	24	1.70

Uranil nitrat məhlulundakı iz miqdarında U^{234} , U^{236} , U^{237} izotopları antrasit kütləsinin kiçik miqdarları ilə tam udulur, 100 q

antrasit kütləsində uranil nitrat məhlulundakı U^{238} və U^{235} izotoplarının 33%-i adsorbsiya edir.

Uranil nitrat məhlulundakı iz miqdarında U^{234} , U^{236} , U^{237} izotopları çınqıllı qum kütləsinin kiçik miqdarları ilə tam udulur, 100 q çınqıllı qum kütləsində uranil nitrat məhlulundakı U^{238} və U^{235} izotoplarının 41%-i adsorbsiya edir.

Cədvəl 4.

Xüsusi aktivlikləri müvafiq olaraq 90 və 60 Bq olan ^{238}U və ^{235}U radioizotoplarının uranil nitrat məhlulundan DOWEX HCR S/S kationitində adsorbsiyası və prosesin dezaktivasiya əmsalı ($D\bar{\Theta} = A_{\text{ilkin məhlul}}/A_{\text{məhlul qalığı}}$).

Adsorbentin miqdarı, q	Uran izotoplarının 1 saat ərzində uranil nitratın sulu məhlulundan dənəvər DOWEX HCR S/S kationit kütləsinə adsorbsiyasına uyğun dezaktivasiya əmsalının dəyişməsi			
	$A(^{238}U)$	$D\bar{\Theta}(^{238}U)$	$A(^{235}U)$	$D\bar{\Theta}(^{235}U)$
3	5	1.06	2	1.03
10	15	1.20	7	1.13
20	25	1.38	15	1.33
50	48	2.14	30	2.00
100	64	3.46	44	3.75

Uranil nitrat məhlulundakı iz miqdarında U^{234} , U^{236} , U^{237} izotopları DOWEX HCR S/S kationit kütləsinin kiçik miqdarları ilə tam udulur, 100 q DOWEX HCR S/S kationit kütləsində uranil nitrat məhlulundakı U^{238} izotopunun 72%-i və U^{235} izotopunun 75%-i adsorbsiya edir.

Ölkə ərazisində fəaliyyət göstərən böyük məşəblı istehsalat sahələri arasında kərpic, şüşə, şüşə qablar, sement, bentonit, alüminium istehsalı, metallurqiya, kimya, neft-kimya və s. sənayeləri xüsusi çəkiyə malikdirlər. Bu istehsalat sahələrinin məhsulları və tullantıları içərisində ən yüksək adsorbsiya xassəsinə malik maddə ölkənin əksər rayonlarında fəaliyyət göstərən kərpic istehsalı zavodlarının tullantısı qismində ətraf ərazilərdə yığılıb qalmış “yüksək temperaturda bişmiş məsaməli gil qalıqları qırıntıları” - keramzit kütləsidir. Böyük xammal

ehtiyatına malik kərpic “bişirilməsi” sənayesi üçün xarakterik yüksək temperaturlarda işlənmiş məsaməli keramzit kütləsi təcrübələrimizdə adsorbent qismində istifadə edilmişdir.

Cədvəl 5.

Xüsusi aktivlikləri müvafiq olaraq 90 və 60 Bq olan ^{238}U və ^{235}U radioizotoplarının uranil nitrat məhlulundan keramzit kütlələrində adsorbsiya və prosesin dezaktivasiya əmsalı ($D\Theta = A_{\text{ilkin məhlul}}/A_{\text{məhlul qalığı}}$).

Adsorbentin miqdarı, q	Uran izotoplarının 1 saat ərzində uranil nitratın sulu məhlulundan keramzit kütləsinə adsorbsiyasına uyğun dezaktivasiya əmsalının dəyişməsi			
	A (^{238}U)	DΘ (^{238}U)	A (^{235}U)	DΘ (^{235}U)
3	4	1.05	2	1.03
10	8	1.10	6	1.10
20	12	1.15	10	1.20
50	23	1.34	20	1.50
100	41	1.84	30	2.00

Uranil nitrat məhlulundakı iz miqdarında U^{234} , U^{236} , U^{237} izotopları keramzit kütləsinin kiçik miqdarları ilə tam udulur, 100 q keramzit kütləsində uranil nitrat məhlulundakı U^{238} izotopunun 47%-i və U^{235} izotopunun 50%-i adsorbsiya edir. Qeyd edilmiş adsorbentlərdən ən yüksək adsorbsiya xassəsini dənəvər DOWEX HCR S/S kationit (72-75%), aktivləşdirilmiş kömür (50-65%) və keramzit (47-50%) nümunələri, ən zəif adsorbsiya xassəsini isə çınqıllı qum (41%) və dənəvər antrasit (33%) nümunələri göstərmişdir.

Tədqiq edilmiş adsorbentlərin tətbiqi ilə aparılmış təmizləmə proseslərinin dezaktivasiya əmsalının (1.05 - 3.75) qiymətlərinin elmi ədəbiyyatda göstərilmiş mövcud təmizləmə üsullarının dezaktivasiya əmsallarından ($D\Theta > 4$) kiçik olmasına baxmayaraq ölkəmizdə təbii xammal ehtiyatları böyük olan keramziddən istifadə etməklə neftin fiziki təmizlənməsi

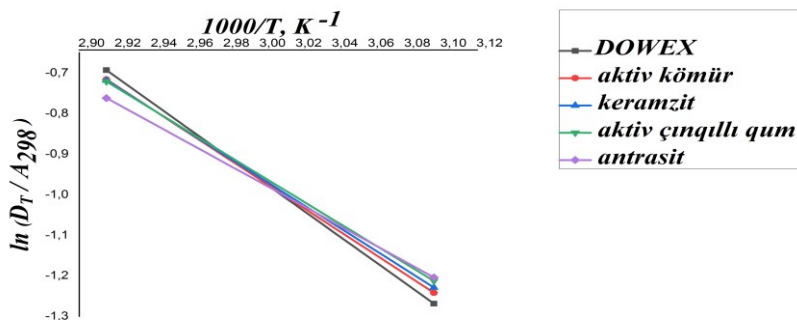
mərhələsinin tullantı sularının təhlükəsizlik normalarına uyğunlaşdırılması üçün təmizləmə üsulu qismində istifadə edilə bilər.

Cədvəl 6.

Uranil nitrat məhlullarından ^{238}U izotoplarının tədqiq edilmiş 100 q adsorbentlərdə müxtəlif temperaturlarda adsorbsiyası.

Adsorbentin növü	Otaq temperaturunda adsorbentdə adsorbsiya etmiş ^{238}U izotopunun temperatur artımına mütənasib olaraq qismən desorbsiyası, Bq/100 q.					^{238}U izotopunun adsorbentlərdən desorbsiyasının aktivləşmə enerjisinin qiyməti, E_a (kC/mol).
	298 K	323 K		343 K		
	A_{298}	D_{323}	$\ln(D_{323}/A_{298})$	D_{343}	$\ln(D_{343}/A_{298})$	
DOWEX HCR S/S kationiti	64	18	-1.269	32	-0.693	26.5
Aktivləşdirilmiş kömür	45	13	-1.242	22	-0.716	24.2
Keramzit	41	12	-1.229	20	-0.718	23.5
Çıqıllı qum	37	11	-1.213	18	-0.721	22.6
Antrasit	30	9	-1.204	14	-0.762	20.3

6 sayılı cədvəlin “aktivləşmə enerjisi qiyməti” sütununda tədqiqat işində istifadə edilmiş adsorbentlərdən ^{238}U izotoplarının desorbsiya prosesinin aktivləşmə enerjisinin 2 sayılı şəkildəki qrafik asılılıqlar əsasında hesablanmış qiymətləri göstərilmişdir.



Şəkil 2. 298 K temperaturda uranil nitrat məhlullarından adsorbentlərə (100 q) adsorbsiya etmiş ^{238}U izotoplarının temperatur artımına mütənasib desorbsiyası.

$$-E_a/R = [\ln(D_{343}/A_{298}) - \ln(D_{343}/A_{298})]/[(1000/T_1) - (1000/T_2)] \quad (1)$$

$$\begin{aligned} -E_a/R &= [\ln(18/64) - \ln(32/64)]/[(1000/323) - (1000/343)] = \\ &= -1.269 - (-0.693)/(3.096 - 2.915) = -0.576/0.181 = -3.18; \\ -E_a/R &= -3.18; \quad E_a = 3.18 \times 8.3144 = 26.5 \text{ kC/mol.} \end{aligned}$$

Digər adsorbentlər üçün də eyni alqoritmli hesablamalar aparıldıqdan sonra təcrübələrdə istifadə edilən bütün adsorbentlər üçün (E_a/R) kəmiyyətinin qiymətinin 2.44-3.19 intervalında və aktivləşmə enerjisinin (E_a) qiymətinin 20.3-26.5 kC/mol intervalında dəyişdiyi müəyyənləşdirildi (Cədvəl 6).

Bu qiymətlər adsorbsiya prosesinin zəif ekzotermik proses olmasına rəğmən, desorbsiya prosesinin əksinə zəif endotermik proses olduğunu təsdiqləyir. Desorbsiya prosesi üçün təyin edilmiş aktivləşmə enerjisinin qiymətləri təcrübələrdə istifadə edilən bütün 5 növ adsorbentlərdə adsorbsiya prosesinin fiziki xarakter daşdığını (fiziki sorbsiya), udulan uran izotopları ilə adsorbent arasında yalnız zəif Van-der-Vaals qüvvələrinin mövcud olduğunu göstərir.

Dördüncü fəsil nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaq nümunələrinin effektiv dezaktivasiya proseslərinin işlənilib hazırlanmasına həsr edilmişdir. Nüvə materialı tullantıları ilə (uranil nitratla) çirklənmiş torpaqların model nümunələri hazırlanmış və həmin torpaq nümunələrinin effektiv dezaktivasiya proseslərinin işlənilib hazırlanması məqsədilə radionuklidlərin və uran izotoplarının torpaqdan reaktivlərlə ayrılması tədqiq edilmişdir. Nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaq nümunələrinin təklif edilmiş təmizlənmə (dezaktivasiya) üsulunun effektivliyi (dezaktivasiya əmsalının müvafiq qiymətləri) qiymətləndirilmiş və nüvə tullantıları ilə çirklənmiş torpaqların təmizlənməsi üçün tətbiq edilən elmi ədəbiyyatda şərh edilmiş oxşar proseslərin (prototiplərin) effektivliyi ilə müqayisə edilmişdir.⁴

Təcrübələr zamanı “analiz üçün kimyəvi təmiz” reaktivlərdən (Merck kGaA /Almaniya/, VWR PROLABO /Fransa/, Lachema

⁴ Дмитриев, С.А. Способ реагентной очистки грунтов от радионуклидов цезия /Патент RU 2361301 С1. –10.07.2009, Бюл. №19 /Прозоров Л., Купцов В.М.

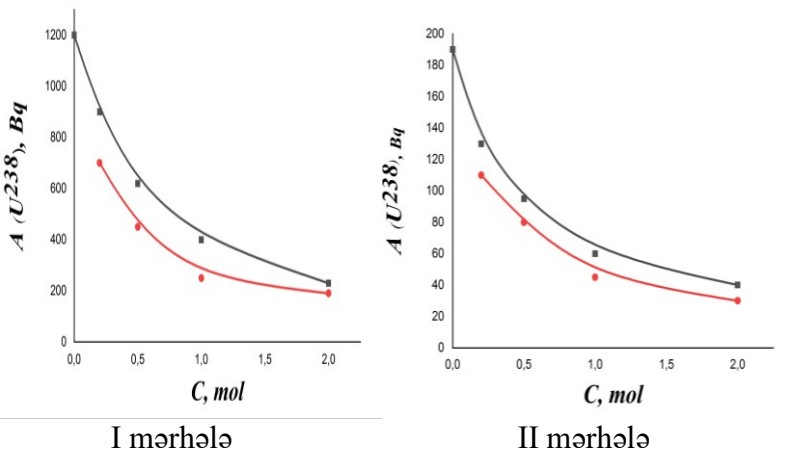
/Çexiya/, АО “База №1 Химреактивов” /RF/) istifadə edilmişdir. Analizlər üçün “GFL-2304” bidistillyatorundan alınmış bidistillə suyunda sıxlığı 20°C-də 1.4 q/sm³, 67%-li nitrat turşusunun və kristallik dənəvər natrium hidroksidin 0.2 M, 0.5 M, 1.0 M və 2.0 M, sıxlığı 20°C-də 1.19 q/sm³, 38%-li xlorid turşusunun 0.4 M, 1.0 M, 2.0 M və 4.0 M məhlulları hazırlanmışdır. Uranil nitrat duzunun tərkibində hansı izotopların və hansı qatılıqda olması HPGe detektorlu qamma spektrometriya ilə təyin edilmişdir.

Ölkə rayonlarında aparılmış radiomonitorinqlər zamanı götürülmüş torpaq nümunələrini çəkili 200 qram olmaqla bərabər hissələrə bölündü. Nüvə materialı tullantıları ilə çirkənlənmiş model nümunələr alınması məqsədilə bu torpaq nümunələri uranil nitrat məhlulu ilə qarışdırıldı. Çəkili 200 q. olan torpaq nümunələrinə hopdurulmuş uranil nitrat duzu məhlulunda ²³⁸U, ²³⁵U, ^{234,236}U izotoplarının aktivliyinin 1200:400:20 nisbətində olması təyin edilmişdir. Torpaq nümunələrindən radioizotopların ayrılması üçün nitrat turşusu, xlorid turşusu, natrium hidroksid məhlullarından və distillə suyundan istifadə edilmişdir.

Radioaktiv maddələr, o cümlədən nüvə materiallarının əsasını təşkil edən elementlər metal xassələrinə malik olduqlarından onların digər qeyri-radioaktiv, stabil metallik xassəli elementlər kimi müxtəlif qatılıqlı nitrat və xlorid turşuları məhlulları ilə reaksiyası, bu turşu məhlullarında və ya onların qarışıqlarında həll olması gözləniləndir. Bu səbəbdən təcrübələrimizdə radionuklidlər üçün ekstraksiya nitrat turşusunun 0.2 M, 0.5 M, 1.0 M və 2.0 M konsentrasiyalı məhlullarından, həmçinin ekstraksiya edilmiş torpaq nümunələri qalıqlarının neytral reaksiyalı xassəsinin bərpası məqsədilə təcrübələrin sonuncu mərhələsində 0.2 M, 0.5 M, 1.0 M və 2.0 M konsentrasiyalı natrium hidroksidin sulu məhlulları ilə yenidən ekstraksiya aparılmışdır. Radionuklidlərin daha effektiv ekstraksiyası məqsədilə tərəfimizdən həmçinin 1:2 nisbətində nitrat və xlorid turşularının sulu məhlullarından istifadə edilmişdir. Kimyəvi reaktiv məhlulları ilə reaksiyada həll olmuş radioaktiv maddənin ekstraksiyadan sonra süzülmə zamanı tamamilən məhlula keçməməsini, bir qisminin qalıq torpaqda qalması nəzərə alınaraq reaktivlə ekstraksiyadan sonra torpaq qalığının 1 litr distillə suyu ilə

yuyulması, torpaq qalığının və alınmış ekstraktın qamma-spektroskopik analizləri aparılmışdır.

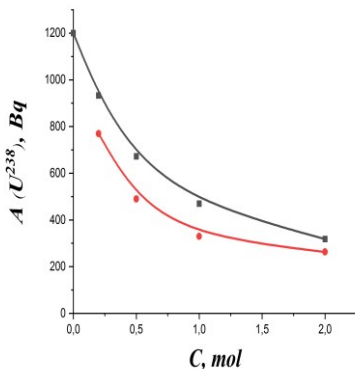
Uranil nitratla çirklənmiş və tərkiblərində ^{238}U , ^{235}U , $^{234,236}\text{U}$ izotoplarının aktivliyi 1200:400:20 nisbətində olan torpaq nümunələrinin nitrat turşusunun sulu məhlulları ilə 2 mərhələli dezaktivasiyası proseslərinin qanunauyğunluqları 3 /1-ci və 2-ci mərhələ sayılı şəkillərdə göstərilmişdir.



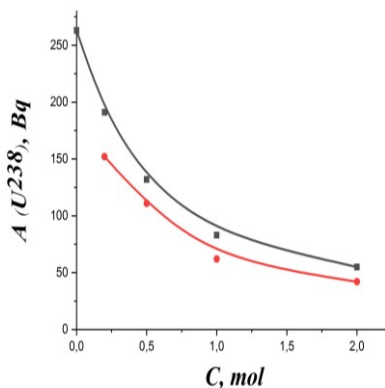
Şəkil 3. Uranil nitratla çirklənmiş torpaq (200 q.) nümunələrinin nitrat turşusu məhlulu ilə ekstraksiyasından (1 saat) və ardınca 1 l. distillə suyu ilə yuyulmasından (1 saat) sonra torpaqda ^{238}U izotopunun miqdarının azalması.

Tərkiblərində ^{238}U izotoplarının aktivliyi 1200 Bq olan torpaq (200 q.) nümunələrinin nitrat turşusunun sulu məhlulları ilə 2 mərhələli dezaktivasiyası prosesləri ilə həmin torpaqlarda uran izotoplarının miqdarını 20 dəfəyədək azaltmaq mümkün olmuşdur.

Model nümunə qismində uranil nitratla çirkləndirilmiş və tərkiblərində ^{238}U , ^{235}U , $^{234,236}\text{U}$ izotoplarının aktivliyi (aktivlik konsentrasiyası) 1200:400:20 nisbətində olan torpaq (200 q.) nümunələrinin natrium qələvisinin sulu məhlulları ilə 2 mərhələli dezaktivasiyası proseslərinin qanunauyğunluqları aşağıdakı şəkillərdə (şəkil 4 /1-ci və 2-ci mərhələ/) təqdim edilmişdir.



I mərhələ

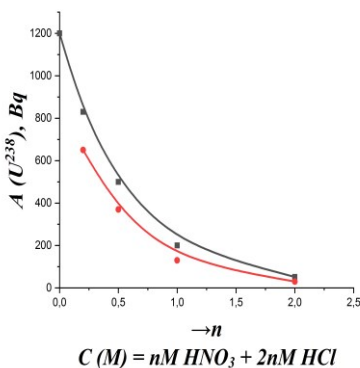


II mərhələ

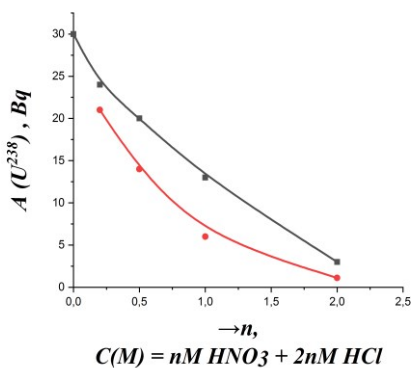
Şəkil 4. Uranil nitratla çirklənmiş torpaq (200 q.) nümunələrinin natrium qələvisi məhlulu ilə ekstraksiyasından (1 saat) və ardınca 1 l. distillə suyu ilə yuyulmasından (1 saat) sonra torpaqda ^{238}U izotopunun miqdarının azalması.

Yuxarıda göstərilmiş uranil nitratla çirkləndirilmiş və tərkiblərində ^{238}U izotoplarının aktivliyi (aktivlik konsentrasiyası) 1200 Bq olan torpaq (200 q.) nümunələrinin natrium qələvisinin sulu məhlulları ilə 2 mərhələli dezaktivasiyası prosesləri ilə həmin torpaqlarda uran izotoplarının miqdarını 15 dəfəyədək azaltmaq mümkündür.

Model nümunə qismində uranil nitratla çirkləndirilmiş və tərkiblərində ^{238}U , ^{235}U , $^{234,236}\text{U}$ izotoplarının aktivliyi (aktivlik konsentrasiyası) 1200:400:20 nisbətində olan torpaq (200 q.) nümunələrinin nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığı ilə 2 mərhələli dezaktivasiyası proseslərinin qanunauyğunluqları aşağıdakı şəkillərdə (şəkil 5 /1-ci və 5 /2-ci mərhələ) təqdim edilmişdir.



I mərhələ



II mərhələ

Şəkil 5. Uranil nitratla çirklənmiş torpaq (200 q.) nümunələrinin nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığı ilə ekstraksiyası (1 saat) və ardınca 1 l. distillə suyu ilə yuyulması (1 saat) nəticəsində torpaqda ^{238}U izotopunun miqdarının azalması.

Uranil nitratla çirklənmiş və tərkiblərində ^{238}U izotoplarının aktivliyi (aktivlik konsentrasiyası) 1200 Bq olan torpaq (200 q.) nümunələrinin nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığı (1 saat) və sonra 1 l. distillə suyu ilə (1 saat) 2 mərhələli dezaktivasiyası prosesləri ilə həmin torpaqlarda uran izotoplarının miqdarını 2000 dəfəyədək azaltmaq mümkündür.

Alınmış qanunauyğunluqlardan görünür ki, çirklənmiş torpaqların ekstraksiyası üçün bir reaktivdən (HNO_3 , HCl və ya NaOH) və ya qarışıqdan ($\text{HNO}_3\text{-HCl}$) istifadə etdikdə reaktivin miqdarının və ya qatılığının artmasına, həmçinin sonra həmin torpağın yuyulduğu suyun miqdarının artmasına tərs mütənəşib olaraq torpaqda radionuklidlərin miqdarının azalması baş verir. Uranil nitrat tullantıları ilə çirklənmiş torpağın nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığı və daha sonra distillə suyu ilə (və ya natrium qələvisinin sulu məhlulu ilə) 2 mərhələli dezaktivasiyası prosesinin tək nitrat turşusunun, xlorid turşusunun və ya natrium qələvisinin sulu məhlulları ilə dezaktivasiya ilə müqayisədə,

həmçinin mövcud bütün prototiplərlə müqayisədə daha effektiv təmizləmə üsulu olması təyin edilmişdir. Bu üsulla nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaqların tam dezaktivasiya aparılması mümkün olur.

Model nümunə qismində uranil nitratla çirkləndirilmiş və tərkiblərində ^{238}U , ^{235}U , $^{234,236}\text{U}$ izotoplarının aktivliyi 1200:400:20 nisbətində olan torpaq (200 q.) nümunələrinin nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığının və daha sonra distillə suyu ilə 2 mərhələli dezaktivasiyası proseslərinin effektivlik göstəricilərinin müqayisəli analizləri 7 sayılı cədvəldə göstərilmişdir.

Cədvəl 7.

Uranil nitratla çirklənmiş 200 qram çəkili torpaq nümunələrinin (^{238}U , ^{235}U və $^{234,236}\text{U}$ radioizotoplarının xüsusi aktivliyi müvafiq olaraq 1200, 400 və 20 Bq) nitrat və xlorid turşuları qarışığı məhlulu ilə dezaktivasiyasının nəticələri.

n, mol ($n\text{HNO}_3$ + $2n\text{HCl}$ 1 litr suda)	1-ci mərhələ				2-ci mərhələ				Digər 2-ci mərhələ			
	Torpaq nümunəsi $n\text{HNO}_3 + 2n\text{HCl}$ məhlulu ilə 1 saat ərzində ekstraksiya edilir və torpaq qalıqı 1 saat ərzində 1 litr distillə suyu ilə yuyulur				Torpaq qalıqı $n\text{HNO}_3 +$ $+2n\text{HCl}$ məhlulu ilə 1 saat ərzində ekstraksiya edilir və son torpaq qalıqı 1 saat ərzində 1 litr distillə suyu ilə yuyulur				Torpaq qalıqı $n\text{HNO}_3 +$ $+2n\text{HCl}$ məhlulu ilə 1 saat ərzində ekstraksiya edilir və son torpaq qalıqı 1 saat ərzində $n\text{NaOH}$ (M) məhlulu ilə ekstraksiya edilir			
	A_1 ^{238}U , Bq	A_1 ^{235}U , Bq	A_1 $^{234,236}\text{U}$, Bq	$D\Theta_1$	A_2 ^{238}U , Bq	A_2 ^{235}U , Bq	A_2 $^{234,236}\text{U}$, Bq	$D\Theta_2$	A_2' ^{238}U , Bq	A_2' ^{235}U , Bq	A_2' $^{234,236}\text{U}$, Bq	$D\Theta_2'$
0.2	650			1.85	21			57	17			70
		210		1.9		7		57		5		80
			12	1.7			0.3	70			0.2	100
0.5	370			3.3	14			85	11			110
		100		4.0		4		100		3		133
			7	2.9			0.2	100			0.1	200
1.0	130			9.2	6			200	4			300
		30		13		1.4		333		1		400
			3	6.7			0.05	400			0.03	667
2.0	30			40	1.1			1100	1			1200
		10		40		0.3		1330		0.3		1330
			1	20			0.01	2000			0.01	2000

Qeyd: A_i – torpaq nümunəsinin işlənmə mərhələlərindən sonrakı qalıqlarında U izotoplarının xüsusi aktivliyi;

$D\Theta_i$ – torpaq nümunəsinin işlənmə mərhələlərindən sonra dezaktivasiya əmsalı (ilkin torpaq nümunəsinin xüsusi aktivliyinin işlənmə mərhələsindən sonrakı torpaq qalığının xüsusi aktivliyinə nisbəti).

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpağın nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığı və daha sonra distillə suyu ilə (və ya natrium qələvisin sulu məhlulu ilə) 2 mərhələli dezaktivasiyası prosesinin tədqiq edilmiş müxtəlif reaktivlərlə (nitrat turşusunun, xlorid turşusunun, natrium qələvisinin müxtəlif qatılıqlı sulu məhlulları) dezaktivasiya prosesləri ilə və mövcud bütün prototiplərlə müqayisədə daha böyük dezaktivasiya əmsalına malik olması təyin edilmişdir.

Dissertasiyanın 1-ci fəslində elmi ədəbiyyatda dərc edilmiş ^{137}Cs izotopları ilə çirklənmiş torpaq nümunələrinin təmizlənməsi üsulları arasında ən böyük dezaktivasiya əmsalı ilə ($D\Theta=830$) seçilən və yüksək effektivliyə malik 3 mərhələli dezaktivasiya metodu təsvir edilmişdir. Prosesin reallaşdırılması üçün sulfat və fosfat turşularının sulu məhlullarından istifadə edilmişdir. ^{137}Cs izotopları ilə çirklənmiş torpaq nümunələrindən şüalanma aktivliyinin (299 kBq/kg) 830 dəfə azaldılması ($D\Theta=830$) məqsədilə 1-ci mərhələdə 60 qram torpaq kütləsinin 90°C temperaturadək qızdırılmış 2M H_2SO_4 və 0.5M H_3PO_4 sulu məhlulları ilə 7 saat ərzində ekstraksiyası aparılmış 1-ci mərhələdən sonra çirklənmiş torpaqdan şüalanma aktivliyi 16.3 dəfə azalmışdır ($D\Theta_1=16.3$). 2-ci mərhələdə torpağın su-qravitasiya separasiyası üsulu ilə qumsal və narin-dispers (gil) fraksiyalara ayrılması nəticəsində ümumi torpaq kütləsinin 3.8%-ni təşkil edən və izotoplarla daha zəngin ikinci (narin-dispers gil) fraksiyanın birbaşa nüvə tullantıları qəbiristanlığına göndərilmişdir. Nəticədə 2-ci mərhələnin dezaktivasiya əmsalının qiyməti 25.7-dək artmışdır. 3-cü mərhələdə torpağın qalıq qumsal fraksiyasının 10 sekiyalı perkolyasiya qurğusunda 90°C temperaturda 2M H_2SO_4 məhlulu ilə 24 saat ərzində ekstraksiyasından sonra qalıq torpaqdan şüalanma aktivliyinin 830 dəfəyədək azalması müəyyənləşdirilmişdir.

Nüvə materialı tullantıları ilə (uranil nitratla) çirklənmiş torpaq nümunələrinin kimyəvi reaktivlərlə (nitrat və xlorid turşuları və natrium qələvisi məhlulları) dezaktivasiya üsulu daha yüksək dezaktivasiya əmsalı ($D\bar{D}=1200-2000$) ilə xarakterizə olunur. Prosesin 1-ci mərhələsində 200 qram torpaq kütləsi otaq temperaturunda 2M HNO_3 və 4M HCl sulu məhlulları qarışığı ilə 1 saat ərzində ekstraksiya edilmiş (məhlul filtdən süzülmüşdür), sonra 1 litr distillə edilmiş su ilə 1 saat ərzində yuyulub süzülmüşdür və qalıq torpağın analizi aparılmışdır. 2-ci mərhələdə otaq temperaturunda qalıq torpaq eyni miqdarda qarışıq məhlulla (2M HNO_3 və 4M HCl sulu məhlulları qarışığı) 1 saat ərzində ekstraksiya edilmiş (məhlul filtdən süzülmüşdür), sonra qalıq torpaq 1 saat ərzində 2M $NaOH$ məhlulu ilə yuyulmuşdur. Hər iki mərhələdə torpağın ekstraksiyasından sonra süzülüb yığılmış 2M HNO_3 və 4M HCl turşularının sulu məhlulları qarışığı qalığında (1-ci mərhələdə 1 litr distillə suyu ilə qalıq torpağın yuyulmasından sonra süzülüb ayrılmış su qalığında və 2-ci mərhələdə 2M $NaOH$ məhlulu ilə qalıq torpağın yuyulmasından sonra süzülüb ayrılmış qələvi məhlulu qalığında) həll olmuş uranil nitrat duzunun tərkibindəki ^{238}U , ^{235}U , $^{234,236}U$ izotopları maye fazanın tam buxarlandırılması ilə və ya məhlulların üzərinə 10 ml 10^{-3} M konsentrasiyalı kalium ferrosianid məhlulu əlavə etməklə, mineral şəklinə salınaraq radioaktiv tullantılar anbarına göndərilir.

Müqayisəli analiz üçün mövcud ən effektiv dezaktivasiya üsulu ilə və tərəfimizdən işlənib hazırlanmış dezaktivasiya prosesi üçün istifadə edilən reaktivlərin istehsalçıları və topdansaş qiymətləri haqqında məlumatlar toplanmış və proseslərin texniki-iqtisadi əsaslandırılması üçün aparılmış hesablamalarda istifadə edilmişdir.^{5,6}

⁵ Cəfərli H. A. İdarəetmə təhlili. Dərslik. / H. A. Cəfərli – Bakı: “İqtisad Universiteti” Nəşriyyatı, - 2018. –s.188-219.

⁶ Zhou, Y. A basic study of optimal investment of power sources considering environmental measures: Economic evaluation of CCS through a real options approach. / Y. Zhou, M. Kato // Electrical Engineering in Japan. - 2010, v. 174, Issue 3, - p.9-17, February 2011, First published: 29 November 2010, <https://doi.org/10.1002/eej.21065>.

$$S = \tau + E + R + \Delta s \quad (2)$$

burada S – dezaktivasiya aparılması görülcək bütün işlərə sərf edilən və radiasiya təhlükəsizliyinin təmin edilməsi üçün zəruri maliyyə vəsaitinin (valyuta) ümumi miqdarı (RF Rublu və ya AZN ilə);

τ – dezaktivasiya aparılmasına sərf edilən iş saatlarının valyuta ekvivalenti (RF Rublu və ya AZN ilə);

E – dezaktivasiya aparılmasına, torpaq qazıntı və daşınma işlərinə

sərf edilən enerjinin valyuta ekvivalenti (RF Rublu və ya AZN);

R – dezaktivasiya aparılmasına sərf edilən reaktivlərin valyuta ekvivalenti ilə dəyəri (RF Rublu və ya AZN ilə);

Δs – dezaktivasiya nəticəsində torpaqdan ayrılmış radioaktiv maddənin və ya radionüklidlərlə zənginləşdirilmiş torpaq fraksiyasının nüvə tullantıları saxlanclarında (“qəbristanlığında”) saxlanma xərclərinin valyuta ekvivalenti ilə dəyəri (RF Rublu və ya AZN ilə).

Mövcud ən effektiv dezaktivasiya üsulu ulə ^{137}Cs izotopları ilə çirklənmiş 2000 ton = (20×100) ton və ya 1 ha = 10000 m² torpaq ərazinin 15 sm dərinliyində çirklənmiş üst layının 830 dəfəyədək dezaktivasiyasının aparılması və ayrılmış ^{137}Cs izotoplarının, həmçinin radionüklidlərlə zəngin 3.8% torpaq fraksiyasının nüvə tullantıları saxlanclarında 1 il ərzində saxlanması üçün: $S = \tau + E + R + \Delta s = 51000 + 6600000 + 7666700 + 1300 = 14\,319\,000$ AZN və ya 954 600 000 RF Rublu valyuta ekvivalentində maliyyə sərfiyyatı tələb olunur.

İşlənib hazırlanmış yeni dezaktivasiya üsulu ilə nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş 2000 ton = (20×100) ton və ya 1 ha = 10000 m² torpaq ərazinin 15 sm dərinliyində çirklənmiş üst layının tam (1200 dəfəyədək) dezaktivasiyasının aparılması və ayrılmış uran izotopları fraksiyasının nüvə tullantıları saxlanclarında 1 il ərzində saxlanması üçün isə: $S = \tau + E + R + \Delta s = 400000 + 266700 + 164000000 + 8670 = 164\,675\,370$ RF Rublu və ya 2 470 131 AZN valyuta ekvivalentində maliyyə sərfiyyatı tələb olunur.

Dissertasiya işində geniş şərh olunmuş yeni dezaktivasiya üsulu ilə radioaktiv maddə tullantılarıyla çirklənmiş 2000 ton və ya 1 ha = 10000 m² torpaq ərazinin 15 sm dərinliyində çirklənmiş üst layının tam (1200 dəfəyədək) dezaktivasiyası üçün 164 675 370 RF Rublu (2 470 131 AZN) valyuta ekvivalentində maliyyə sərfiyyatı, elmi ədəbiyyatda mövcud ən effektiv dezaktivasiya üsulu ilə eyni ərazinin torpaqlarının 830 dəfəyədək dezaktivasiyası üçün 954 600 000 RF Rublu (14 319 000 AZN) valyuta ekvivalentində maliyyə sərfiyyatı tələb olunur.

İşlənib hazırlanmış yeni dezaktivasiya üsulu mövcud ən effektiv dezaktivasiya üsulundan (954 600 000 RF Rublu/ 164 675 370 RF Rublu) = (14 319 000 AZN / 2 470 131 AZN) = 5.8 dəfə daha effektiv və rentabellidir.

Nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş sahəsi 1 ha, 100 ha və 1000 ha olan torpaq ərazilərin tam (1200-2000 dəfə) dezaktivasiyasının aparılması üçün müvafiq olaraq yalnız 2.47 mln AZN, 247 mln AZN və 2 470 mln AZN milli valyuta sərfiyyatı tələb olunur.

Nüvə reaktorlarında baş vermiş qəzalar zamanı və yağışlar nəticəsində ətraf ərazilərdəki torpaqların əsasən üst 5 sm qalınlıqlı layının çirklənməsi nəzərə alındıqda ⁷ yuxarıda göstərilmiş prosesə daha az maliyyə sərfiyyatı tələb ediləcəkdir.

Nitrat və xlorid turşuları qarışığı ilə dezaktivasiyası aparılmış çirklənmiş torpağın istehsalat həcminə uyğun ilk partiyasına sərf edilən maliyyə vəsaiti növbəti təmizlənəcək torpaq partiyalarına sərf edilən maliyyə vəsaitindən ən azı 100 dəfə artıq olduğundan, yəni növbəti təmizlənəcək torpaq kütləsinin ekstraksiyası ilkin ekstraksiyadan sonra ayrılıb qalmış turşu qarışığı qalığı ilə (yalnız 1% miqdarında ilkin təmiz məhlul əlavə edilmək şərtilə) aparıldığından, qeyd edilmiş son 2 arqument nəzərə alınmaqla (torpağın 15 sm deyil, 5 sm qalınlığında üst layı təmizlənir və

⁷ Бондарьков, Д.М. Изучение Поведения Радионуклидов на Сильнозагрязненных Полигонах 5-Километровой Зоны ЧАЭС / Д.М.Бондарьков, И.Н.Вишневский, В.А.Желтоножский [и др.] // Ядерная Физика Та Энергетика, –2016, т. 17, № 4, –р.383.

təmizlənən növbəti torpaq partiyalarına əvvəlki təmizlənmiş torpaq kütləsindən ayrılmış qalıq turşu qarışığı məhlulu əlavə edilir), - 2,47 milyard AZN maliyyə sərfiyyatı ilə 100-300 dəfəyədək böyük torpaq ərazinin dezaktivasiyası mümkündür. Bu isə ölkə ərazisinin hətta 20% ərazisi çirkləndiyi halda 14,3 milyard AZN maliyyə vəsaiti hesabına həmin torpaqların tam bərpa edilməsi mümkünlüyünü göstərir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR:

1. Ölkə ərazilərində aparılmış radiometrik ölçmələrin nəticələri göstərir ki, ölkənin əksər ərazilərində ümumi radioaktiv şüalanmanın intensivliyi (0,03-0,12 mkZv/saat) yol verilən həddi /YVH = 0,12 mkZv/saat/ ötmür. Ölkə rayonlarının torpaqları üçün alfa şüalanma səviyyəsi 0-0,01 Bq_{eq}/sm² təşkil edir. Bununla yanaşı, ölkə ərazisində ümumi radioaktiv şüalanmanın intensivliyinin (0.15-3.75 mkZv/saat) YVH-dən dəfələrlə yüksək olduğu, alfa şüalanma səviyyəsinin 0.03-0.35 Bq_{eq}/sm² təşkil etdiyi lokal sahələr də aşkar edilmişdir.

2. Tərkiblərində müxtəlif konsentrasiyalarda təbii radioaktiv elementlər aşkar edilmiş torpaq nümunələrinin müxtəlif miqdarlarda nitrat turşusunun və ya natrium qələvisinin, həmçinin nitrat və xlorid turşuları qarışığının distillə suyunda məhlulları ilə yuyulduqdan sonra təyin edilmiş dezaktivasiya əmsallarının qiymətləri, yəni torpaq nümunələrində izotopların aktivliklərinin 2 - 20 dəfə kiçilməsi çirklənmiş torpaqların kimyəvi reaktivlərlə dezaktivasiyasının mümkünlüyünü göstərir.

3. Nüvə materialı tullantılarının sulu ekstraktlarından izotopların adsorbentlərdə adsorbsiyası qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi dənəvər DOWEX HCR S/S kationit (72-75%), aktivləşdirilmiş kömür (50-65%) və keramzit (47-50%) nümunələrinin yüksək adsorbsiya xassəsinə, çınqıllı qum (41%) və dənəvər antrasit (33%) nümunələrinin isə nisbətən zəif adsorbsiya xassəsinə malik olduqlarını göstərmişdir. Tədqiq edilmiş adsorbentlərin tətbiqi ilə aparılmış təmizləmə proseslərinin

dezaktivasiya əmsalının elmi ədəbiyyatda göstərilmiş mövcud təmizləmə üsullarının dezaktivasiya əmsallarından kiçik olmasına baxmayaraq ölkəmizdə təbii xammal ehtiyatları böyük olan keramzitdən neftin fiziki təmizlənməsi mərhələsinin tullantı sularının təhlükəsizlik normalarına uyğunlaşdırılması üçün istifadə edilə bilər.

4. Tədqiq edilmiş adsorbentlərdən uran izotoplarının termiki desorbsiyası prosesinin aktivləşmə enerjisinin 20.3-26.5 kC/mol intervalında dəyişdiyi təyin edilmişdir. Desorbsiya prosesi üçün təyin edilmiş aktivləşmə enerjisinin qiymətləri təcrübələrdə istifadə edilən adsorbentlərdə adsorbsiya prosesinin fiziki xarakter daşdığını (fiziki sorbsiya), udulan uran izotopları ilə adsorbent arasında yalnız zəif Van-der-Vaals qüvvələrinin mövcud olduğunu göstərir.

5. Nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpaqların ekstraksiyası üçün bir reaktivdən (HNO_3 , HCl və ya NaOH) və ya qarışıqdan ($\text{HNO}_3\text{-HCl}$) istifadə etdikdə reaktivin miqdarının və ya qatılığının artmasına, həmçinin sonra həmin torpağın yuyulduğu suyun miqdarının artmasına tərs mütənəsib olaraq torpaqda uranil nitratın miqdarının azaldığı müəyyənləşdirilmişdir. Nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş torpağın nitrat və xlorid turşusu məhlulları qarışığı və daha sonra distillə suyu ilə (və ya natrium qələvisin sulu məhlulu ilə) 2 mərhələli dezaktivasiyası prosesinin tədqiq edilmiş müxtəlif reaktivlərlə (nitrat turşusunun, xlorid turşusunun, natrium qələvisinin müxtəlif qatılıqlı sulu məhlulları) dezaktivasiya prosesləri ilə və ya dezaktivasiya üçün sulfat və fosfat turşuları məhlullarından istifadə edilməklə aparılan mövcud prototiplərlə müqayisədə daha böyük dezaktivasiya əmsalına ($D\Theta = 1200\text{-}2000$) malik olması təyin edilmişdir.

6. Aparılmış texniki-iqtisadi qiymətləndirmələr əsasında nitrat (2 M) və xlorid (4 M) turşusu məhlulları qarışığı və daha sonra natrium qələvisinin (2 M) sulu məhlulu ilə 2 mərhələli dezaktivasiya prosesinə nüvə materialı tullantıları ilə çirklənmiş 1000 ha torpaq sahəsinin tam (1200-2000 dəfə) dezaktivasiyasının aparılması üçün yalnız 2,47 milyard AZN maliyyə sərfiyyatı tələb olduğu müəyyənləşdirilmişdir. İşlənilib hazırlanmış yeni

dezaktivasiya üsulu mövcud ən effektiv dezaktivasiya üsulundan (prototip) 5.8 dəfə daha effektiv və rentabellidir. Nüvə reaktorlarında baş vermiş qəzalardan sonra yağışlar nəticəsində ətraf ərazilərdəki torpaqların əsasən üst 5 sm qalınlıqlı layının çirkləndiyi təmizlənən torpağın ilkin təmizlənən partiyasından fərqli olaraq növbəti partiyalarına işlənmiş turşu qalıqlarının geri qaytarılması hesabına 100 dəfəyədək az reaktiv sərfiyyatı tələb olunduğu nəzərə alındıqda işlənib hazırlanmış dezaktivasiya prosesinə daha az maliyyə sərfiyyatı tələb ediləcəkdir.

Dissertasiyanın mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Mammadov Kh.F., **Shiraliyeva Kh .N.**, Mirzayev N.A., Garibov R.G., Allahverdiyev G.R., Aliyeva U.S., Farajova A.D. Method for purification of environmental objects, contaminated with radioactive substances as a result of natural disasters /Natural disasters and human life safety, December 04-06, –2017, –p.196-197.
2. Kh.F. Mammadov, R.G. Garibov, **H.N. Shiraliyeva**, B.F. Ahmedov, A.R. Alihuseynova, G.R. Allahverdiyev, U.S. Aliyeva, N.M. Mirzayev. Sources of pollution by xenobiotics and pathogenic microorganisms of cross-border rivers of Azerbaijan // Journal of Radiation Researches, – 2017, v.4, №2, –p.72-79.
3. Kh.F. Mamedov, **H.N. Shiraliyeva**, U.S. Aliyeva, A.M. Gulamirov, G.R. Allahverdiyev, R.G. Garibov., B.F. Ahmedov, A.R. Alihuseynova .Research into causes of rise in the level of beta radiation in atmospheric air on the territory of Azerbaijan. // Chemical problems, –2018, (16), №3, –p. 376-380; DOI: 10.32737/2221-8688-2018-3-376-380.
4. Kh.F.Mamedov, A.M.Gulamirov, R.G.Garibov, G.R. Allahverdiyev, **H.N.Shiraliyeva**, A.R.Alihuseynova, N.A.Mirzayev. /Research of pollution's level of the Araz river by xenobiotics and pathogenic microorganisms,

- chemical and radiological ways of purification of water's samples. //Azerbaijan chemical journal, –2018, № 4, –p. 68-76.
5. X.F. Məmmədov, **H.N. Şirəliyeva**, M.N. Mirzəyev, Q.R. Allahverdiyev, R.Q. Qəribov, B.F. Əhmədov, N.A. Mirzayev, A.M. Guləmirov. Su təmizləyici antrasit və aktivləşdirilmiş kömür kütləsində uran izotoplarının adsorbsiyasının tədqiqi. / Journal of Radiation Researches, –2018, v. 5, №2, –p.336-341.
 6. Kh.F. Mammadov, **H.N. Shiraliyeva**, I.A. Huseynova, U.S. Aliyeva, A.M. Gulamirov, A.R. Alihuseynova. Adsorption of uranium isotopes by activated sand and exchanger resin / /Journal of Radiation Researches, –2018, v. 5, №2, –p.253-257.
 7. Kh.F. Mammadov, A.M.Gulamirov, G.R. Allahverdiyev, R.G. Garibov., **H.N. Shiraliyeva**, U.S. Aliyeva. Assesment of the radiation situation in the white phosphorus explosion pit / /Azerbaijan Technical University, Scientific works, – 2019, №3, –p. 178-183.
 8. **Shiraliyeva H.N.**, Khasayeva S.G., Mammadov Kh.F., Mirzayev N.A. Development of effective methods for cleaning of soil contaminated by heavy metals and radionuclides. //International scientific-practical conference. Radiation and chemical safety problems. – November 05-06, Azerbaijan, –Baku: –2019, –p.140-141.
 9. X.F. Məmmədov, S.G.Xasayeva, R.X. Məmmədov, **H.N. Şirəliyeva**, C.X. Məmmədov, E.İ. Quliyev, R.Q. Qəribov, A.Ə. Məmmədova. Araz çayına axıdılan suların qeyri-üzvi ksenobiotiklərlə və patogen mikroorqanizmlərlə çirkəndirilmə mənbələrinin təyini. / Pedaqoji Universitetin Xəbərləri. Riyaziyyat və Təbiət Elmləri seriyası. –2020, C.68, №3, –s.168-185.
 10. **Şirəliyeva H.N.** Kürdəmir rayonu ərazisindəki torpaqlarda radionuklidlərin və mineralların təyini. “Gənc tədqiqatçı” elmi-praktiki jurnal. – 2020, Cild 6, №2, –s.13-15.

11. Mammadov Khagani Farzulla, **Shiraliyeva Hajar Nohbala**. Processes of soil cleaning from radionuclides //Scientific research of the SCO countries: synergy and integration. – Beejing, –China: 28 October, –2020, –p.130-138; DOI 10.34660/INF.2020.60.86.020
12. Mammadov Khagani, **Shiraliyeva Hajar**, Mehtiyev Elnur. Cleaning of Shabran regions soil from natural radionuclides //Modern science: problems and innovations. Abstracts of the 9th International scientific and practicalconference.SSPG Publish.Stockholm, –Sweden, 15-17 November, –2020, –p. 76-83.
13. Kh.F. Mammadov, **H.N.Shiraliyeva**. Purification of soil from natural isotopes / Journal of Radiation Researces.–2020, V.7, №2, – p.62-69.
14. Mammadov Kh.F., **Shiraliyeva H.N.**, Allahverdiyev R.G., Garibov G.R. Research of radiation background and distribution of radioactive elements in soil areas of Azerbaijan // Scientific Achievements of Modern Society. XII International Scientific and Practical Conference, –Liverpool, –July 22-24, – 2020, –p. 34-40.
15. Məmmədov X.F., Xasayeva S.G., **Şirəliyeva H.N.**, Quliyev E.İ., Hüseynova A.H., Mehtiyev E.İ. Tərtərçayın çirkəndirilmə mənbələrinin aşkarlanması //İşğaldan azad olunmuş ərazilərdə fəvqəladə hal riskləri. AMEA RPİ və AzMİU-nun nəzdində Elmi-praktiki Konfrans.21-22 May, – 2021, –s.129-132.
16. Mammadov Kh. F., **Shiraliyeva H.N.**, Mehtiyev E.I., U.S. Aliyeva, E.İ. Guliyev, N.A. Mirzayev, A. H. Huseynova. Study of purification processes of soil contaminated with uranyl nitrate. / Problems of Atomic Science and Technology (PAST, /BAHT/) –2021, V.133, №3, –p. 132-135.
17. Mammadov Kh.F., **Shiraliyeva H.N.**, Mehtiyev E.I., Aliyeva U.S., Guliyev E.İ., Mirzayev N.A., Huseynova A. H. Studying the treatment processes of soil samples from radionuclides [et al.] // Journal of Science Rise, Estoniya, –Tallinn: –2021, V.3, №74, –p.29-33.

18. **Shiraliyeva H.N.** A method for cleaning up soil contaminated with radionuclide waste. / H.N. Shiraliyeva // Journal of Radiation Researches, – 2022, v.9, №2, –p.37-42.
19. **Shiraliyeva Hajar Nohbala gizi.** Determination of the radiation background on the territory of Azerbaijan Republic and the study of the deactivation of contaminated soils. ADNSU Azerbaijan Journal of Chemical News. 2022/1/7. v.4, №2. s.51-57.
20. **Shiraliyeva H.N.** Method for cleaning soil contaminated with nuclear waste./ H.N.Shiraliyeva // Elmi-texniki jurnal. ATU, Elmi əsərlər jurnalı, - 2022, №1, s.51-55.
21. Маммадов Хагани, Алиева-Джаббарлы Ульвия, **Ширалиева Хаджар.** Изучение роли ионизирующего излучения в протекающих в растениях химических MULTIDISCIPLINARY ACADEMIC EXPLORATIONS". European Conference. –Amsterdam, –Netherland. January 10-12, –2022, –p.33-37.
22. Khagani Farzulla Mammadov, **Shiraliyeva Hajar Nohbala.** Studying regularities of radionuclide adsorbtion on adsorbents. Journal of Radiation Researches, –2022. v.9, №2. p.53-62.

Dissertasiyanın müdafiəsi 29 dekabr 2023-cü il tarixində, saat 15:00-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.22 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1143, Bakı, B.Vahabzadə küçəsi, 9.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutunun elmi kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Radiasiya Problemləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 28 noyabr 2023-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 27.11. 2023

Kağızın formatı: A5

Həcm: 43114

Tiraj: 100