

UDC: 621.039.75

RADİOAKTİV TULLANTILARDA ALFA – VƏ BETA – ŞÜALANAN RADİONUKLİDLƏRİN TƏRKİBİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

E.Ə. Kərimov¹, S.N. Musayeva², P.R. Zülfüqarlı³

¹*Silahlı Qüvvələrin Hərbi Akademiyası,*

²*Azərbaycan Texniki Universiteti*

³*Milli Aerokosmik Agentliyi*

e_kerimov.fizik@mail.ru

Xülasə: Hal-hazırda dünyanın aparıcı ölkələrində 2020-ci ilə olan perspektivdə “Yeni nəsil nüvə enerji texnologiyaları” proqramı çərçivəsində qurğusunun istilik daşıyıcılı sürətli neytronlarla işləyən enerji reaktoru blokundan və işlənmiş uran-plutonium qarışığını emal edən və regenerasiya olunmuş elementlərdən nüvə yanacağı hazırlayan modullar kimi qapalı nüvə yanacaq tsikli istehsalından ibarət təcrübi-nümunəvi enerji komplekslərinin (TNEK) istismara verilməsi planlaşdırılır. Sürətli neytronlarla işləyən reaktorun nüvə yanacağı tsiklinin qapanması, nəinki işlənmiş nüvə yanacağının yığılıb qalması problemini və ona sərf olunan nəhəng vəsaitin minimuma endirilməsi məsələsini həll edəcək, həm də uranın hasilatı və zənginləşdirilməsi vacibliyini aradan qaldıraraq reaktora yanacaq təminatı rejimində fəaliyyət göstərməyə imkan verəcəkdir.

Açar sözlər: radionuklid, radioaktiv tullantılar, radionuklid vektoru, nəzarətin qeyri-dağıdıcı metodu, nümunələrin seçilməsi.

1. Mövzunun aktuallığı

Nüvə energetikasının öz funksiyasını dayanıqlı surətdə həyata keçirməsi üçün yeni texnologiyaların iqtisadi rəqabət qabiliyyəti kriteriyalarına uyğun olmasını tələb edir. TNEK-in rəqabət qabiliyyətinin artırılması istiqamətlərindən biri kompleksin işləməsi zamanı yaranan radioaktiv tullantılara (RAT) xərclənən vəsaitin azaldılmasıdır. Bu məqsədlə RT-in xarakteristikasının kompleks yanaşma istifadə edən qamma-spektroskopiya və RT-də mürəkkəb detektə olunan alfa- və beta- şüalanən radionuklidlərin tərkibinin təyin olunmasına əsaslanmış proqram-aparat kompleksi işlənir.

Belə yanaşma texniki problemləri və vacib olan seçim, böyük miqdarda nümunələrin hazırlanması və analizi, qərar qəbul ediləndə və təkrar tullantıların yaranmasına qədər onların müvəqqəti saxlanması ilə əlaqədar olan maddi xərcləri minimuma endirməyə imkan verir. Belə metodun tətbiq edilməsi qeyri-homogen tullantıların tədqiq olunması zamanı daha effektiv olur.

RAT-in dağıdıcı nəzarət metodları nümunələrin seçilməsi və analizini nəzərdə tutur. Onların tətbiqi, şüalanmaların xarakteristikalarını dağıdıcı olmayan metodlarla (məsələn, qamma-şüalanmaya görə) ölçmək mümkün olmadıqda, tullantılarda alfa- və beta- şüalanən radionuklidlərin mövcudluğu zamanı tələb olunur. Bu metodlar əhəmiyyətli dərəcədə çatışmazlıqlara malikdirlər: laborator analizlərin uzun müddətli olması və tullantıların qeyri-homogenliyi şəraitində ölçmələrin nəticələrinin həqiqiliyinin aşağı səviyyədə olması və/və ya nümunələrin sayının kifayət qədər olmaması. Çətinliklərin səbəbi radiasiya nəzarəti obyektinə – RAT partiyasından olan və ilkin olaraq çoxmərhələli şəkildə hazırlanması vacib olan nümunədir. Bu zaman nümunələrin seçilməsi, hazırlanması və analizi nəzərdə olan radionuklidlərin (alfa- və beta- şüalandırıcılar da daxil olmaqla) aktivlikləri arasında korrelyasiyanın müəyyən olunması üçün xüsusi tədqiqat zamanı həyata keçirilir, RAT üzərində ilkin nəzarət isə qeyri-dağıdıcı

metodlarla müəyyən olunmuş korrelyasiya münasibətləri və asılılıqları istifadə edilməklə yerinə yetirilir. RAT-yə radiasiya nəzarətinə belə yanaşma “radionuklid vektor metodologiyası” (nuclide-vector) və ya “miqyaslaşan əmsallar metodu” (scaling-factor) adlanır. RT-nin xarakterinin müəyyənlişməsi üçün radionuklid vektor metodologiyası atom enerjisinin istifadə olunması oblastında aparıcı olan bir çox ölkələrdə istifadə edilir və MAQATE-nin NW-T-1.18 [1] sənədində ISO 21238:2007 [2] standartında təsvir edilmişdir.

2. RAT-da çətin detektə olunan radionuklidlərin tərkibinin qiymətləndirilməsinə aid radionuklid vektor metodu

Metodun əsas ideyası ondan ibarətdir ki, çətin detektə olunan alfa- və beta- şüalananan radionuklidlər yaranır, texnoloji sistemlərin daxilində yerdəyişmə edir və müxtəlif mühit və obyektlərdə asan detektə olunan qamma-şüalananan reper radionuklidlərlə (alfa- və beta-parçalanması kifayət qədər intensivliyə malik qamma-şüalanama ilə birlikdə baş verən radionuklidlər) eyni zamanda toplanır. Bu zaman iki qrup radionuklidlərin (çətin detektə olunan və reper) yaranma mexanizmi, onların fiziki-kimyəvi xassələri və uyğun olaraq texnoloji sistemlərdə yayılması sxemi oxşar ola bilər.

Yalnız RAT-da deyil, həm də atom enerjisi istifadə edən obyektlərin tullantılarında, həmçinin, istehsal prosesində istifadə edilən müxtəlif texnoloji mühit sellərində də çətin detektə olunan radionuklidlərin tərkibinin qiymətləndirilməsinə tətbiq olunan radionuklid vektor metodu kifayət qədər ümumi sayıla bilər. Lakin, elə RAT üçün çətin detektə olunan radionuklidlər anlayışı RAT-da radionuklidlərin tərkibini spektrlərin ölçmələrinin və ya RAT olan bağlamaların yaxınlığında qamma-şüalanmanın dozasının gücünün nəticələrinə görə (yəni, qeyri-dağıdıcı metodlarla) nisbətən asan təyin etməyə imkan yaratdığından böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Məsələn, çətin detektə olunan ^{63}Ni -nin və reper radionuklid olan ^{60}Co -nun aktivlikləri arasında praktiki olaraq atom stansiyaların bütün RAT-da korrelyasiya müşahidə olunur. Lakin, qamma-şüalanmasının intensivliyi və yarımparçalanma periodu (^{60}Co , ^{137}Cs) kifayət qədər olan potensial reper radionuklidlərin sayının məhdud olduğundan yalnız yaranma mexanizminin oxşarlığı və fiziki-kimyəvi xarakteristikalarına söykənərək heç də bütün çətin detektə olunan radionuklidlərə reper nuklid qarşı qoymaq mümkün deyildir. Korrelyasiyanı təyin etmək üçün müstəsna olaraq RAT-da radionuklidlərin aktivliyinin qiymətlərinin ölçülməsinin korrelyasiya-reqressiv analizinin nəticələrinə görə empirik yanaşma istifadə edilə bilər. Alfa- şüalananan ^{238}Pu və reper radionuklid olan ^{60}Co -nun aktivlikləri arasında korrelyasiya müşahidə oluna bilər ki, onların da yaranma mexanizmi və fiziki-kimyəvi xarakteristikaları nəzərəcarpacaq dərəcədə fərqlənir: ^{238}Pu radionuklidi uran yanacağında ^{238}U -nun nüvəsinin radiasiya neytron tutması və sonradan ardıcıl olaraq transuran elementlərinin nüvələrinin çoxsaylı neytron tutmaları ilə ^{242}Cm -in parçalanması zamanı, ^{60}Co isə konstruksiya materiallarının neytronlar vasitəsi ilə aktivləşməsi zamanı yaranır. Bu onunla izah olunur ki, reaktorda radionuklidlərin yaranmasının əsas mənbəyi obyektlərin neytron şüalanmasıdır və yaranan radionuklidlərin aktivlikləri arasında kəmiyyət nisbəti reaktorun stabil fəaliyyəti zamanı sabit qalır [3].

İstənilən halda, konkret çətin detektə olunan radionuklid üçün reper radionuklidin seçilməsi onların aktivlikləri arasında nəzərəcarpacaq korrelyasiyanın mövcud olmasına əsaslanır.

Metodun praktiki cəhətdən reallaşması müxtəlif RAT-lar üçün radionuklidlərin xüsusi aktivlikləri arasında funksional asılılıqlar da daxil olmaqla korrelyasiya əlaqələrinin qərarlaşmasını nəzərdə tutur. Radionuklidlərin xüsusi aktivlikləri arasında korrelyasiyanı axtarmaq üçün RAT xüsusi olaraq tədqiq olunur, bunun üçün tullantıların yaranma mənbəyinə, onlara daxil olan radionuklidlərin kimyəvi və fiziki xassələrinə, emal texnologiyalarına görə

növlərə üzrə klassifikasiyası aparılır. Beləliklə, RAT-ın hər bir növü üçün müəyyən radionuklid tərkibi və reper radionuklidlər xarakterikdir. Hər bir növ üçün xarakterik olan radionuklidlər oxşar yaranma mexanizmlərinə (korroziya məhsulları, bölünmə məhsulları) görə qruplara bölünür. Aparılan analizin nəticələrinə görə nümunələrin miqdarının seçilməsi və onların radionuklid tərkibinin analizi də daxil olmaqla RAT-ın hər bir növünün radionuklid tərkibinin eksperimental tədqiqi yerinə yetirilir. Alınmış eksperimental nəticələr sonradan emal edilmək və saxlanılmaq üçün verilənlər bazasına daxil edilir.

Alınmış eksperimental nəticələrin statistik analizinə görə hər bir qrup daxilində radionuklidlərin xüsusi aktivlikləri arasında korrelyasiya müəyyən olunur. Xüsusi riyazi aparat vasitələri ilə eksperimental verilənlər massivinin (nümunələrdə radionuklidlərin aktivliklərinin ölçmələrinin nəticələri) reqressiv analizi aparılır, korrelyasiya əlaqəsini təsvir edən funksiyanın növü (xətti və ya qeyri-xətti olması) və çətin detektə olunan radionuklid ilə ona qarşı qoyulan reper radionuklidin hər birinin aktivlikləri arasında korrelyasiya əmsalları müəyyənləşdirilir.

Çətin detektə olunan hər bir radionuklid üçün RAT-da yayılma dərəcəsindən, nəzarət olunma imkanından, korrelyasiya əmsalının qiymətindən və korrelyasiyanı təsvir edən funksiyanın növündən asılı olaraq reper radionuklid təyin olunur. Korrelyasiya mövcud olmadıqda (R korrelyasiya əmsalı kriterial qiymətdən kiçik olduqda) radionuklid verilmiş çətin detektə olunan radionuklid üçün reperlikdən kənarlaşdırılır. Hər bir radionuklid cütliyünün aktivlikləri arasında xətti funksional asılılıq olduğu zaman (nisbət bir əmsalla təsvir olunur – “miqyaslaşma əmsalı”) reper radionuklid əmsalın ən kiçik qeyri-müəyyənliyindən çıxış edərək təyin olunur. Çətin detektə olunan və potensial reper radionuklidlərin aktivlikləri arasında müxtəlif funksional münasibət olduqda reper radionuklid qismində xətti münasibətə cavab verən radionuklid təyin edilir.

Baxılan metodun reallaşması üçün korrelyasiyanı təyin etməyə imkan verən və onları təsvir edən funksiyaları və/və ya əmsalları müəyyən edən, radionuklid tərkib və RAT-da radionuklidlərin aktivliyi haqqında verilənlərin emalının ümumi alqoritmi istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, baxılan yanaşma RAT-da radionuklidlərin aktivlikləri haqqında həm eksperimental, həm də hesablama-nəzəri verilənlərin analizi üçün bütövlükdə tətbiq edilə bilər. Lakin, hesablama-nəzəri verilənlərin istifadə olunması zamanı alınan münasibətlərin və/və ya asılılıqların sonradan real RAT nümunələrinin analizi, uyğun korrelyasiya əmsallarının statistik korrekt qiymətləndirilməsi və onların kriteriya qiymətləri üzrə müqayisə edilməsi yolu ilə eksperimental təsdiqi vacibdir.

Alınmış eksperimental və ya hesablama-nəzəri verilənlərin emalı və RAT-da radionuklidlərin aktivlikləri arasında münasibətlərin/funksional asılılıqların müəyyən olunması aşağıdakı əməliyyatların yerinə yetirilməsini nəzərdə tutur:

- Reper və çətin detektə olunan radionuklidlərin aktivlikləri arasında korrelyasiyanın xətti funksiya ilə təsvir olunma mümkünlüyünün təyin olunması: korrelyasiya əmsalının müəyyən olunması və onun kriteriya qiyməti ilə müqayisəsi (yalnız eksperimental verilənlərə görə); asılılıqların qrafiklərinin hesablanması və qurulmasına lazım olan xətti funksiyanın parametrlərinin təyin olunması.

- Reper və çətin detektə olunan radionuklidlərin aktivlikləri arasında korrelyasiyanın qeyri-xətti funksiya ilə təsvir olunma mümkünlüyünün təyin olunması:

korrelyasiya əmsalının müəyyən olunması və onun kriteriya qiyməti ilə müqayisəsi;
asılılıqların qrafiklərinin hesablanması və qurulmasına lazım olan qeyri-xətti funksiyanın parametrlərinin təyin olunması.

- Həm xətti, həm də qeyri-xətti asılılıqlar mövcud olmadıqda konservativ qiymətləndirmənin həyata keçirilməsi.

Xətti asılılığın axtarılması xüsusi aktivliklərin qiymətləri arasında aşağıdakı düz mütənasiblik mövcud olduğuna əsaslanaraq həyata keçirilir:

$$A_{\text{ÇDN}} = \alpha \cdot A_{\text{RN}}, \quad (1)$$

burada, $A_{\text{ÇDN}}$ və A_{RN} – çətin detektə olunan və ona uyğun qoyulmuş referent nuklidlərin aktivlikləridir. Belə olan halda aşağıdakı mütənasibət doğru olacaqdır:

$$\ln(A_{\text{ÇDN}}) = \ln(\alpha) + \ln(A_{\text{RN}}) \quad (1a)$$

Axtarılan α mütənasiblik əmsalının eksperimental verilənlər əsasında statistik əsaslandırılmış qiymətləndirilməsi üçün bu əmsalın orta qiymətini (1) ifadəsinə əsasən $A_{\text{ÇDN}}$ və A_{RN} -in orta qiymətlərinə (riyazi orta) görə və ya bu əmsalın loqarifmini (1a) mütənasibətindən $A_{\text{ÇDN}}$ və A_{RN} -in loqarifmlərinin orta qiymətlərindən (həndəsi orta) təyin etmək olar. Eksperimental verilənlərin qiymətlərinin böyük müxtəlifliyində (bir neçə tərtib) (bu, real RAT materiallarının nümunələrinin tərkibində olan radionuklidlərin radiokimyəvi analizinin nəticələri üçün xarakterikdir) riyazi orta qiymətlərdən istifadə olunması axtarılan mütənasiblik əmsalının faktiki qiymətinin şişirdilmiş (konservativ), həndəsi orta qiymətlərdən istifadə isə real mənasını verəcəkdir.

İki radionuklidin xüsusi aktivliklərinin qiymətləri arasında korrelyasiya dərəcəsi r korrelyasiya əmsalı vasitəsi ilə ifadə olunur. Korrelyasiya əmsalı:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i) \cdot (\sum_{i=1}^n y_i)}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n} \right)}}, \quad (2)$$

burada: $x_i = A_{\text{ÇDN}}$, $y_i = A_{\text{RN}}$ – konservativ, $x_i = \ln(A_{\text{ÇDN}})$, $y_i = \ln(A_{\text{RN}})$ – isə real qiymətləndirmə zamanı olan kəmiyyətlər; n – analizə məruz qalmış tədqiq olunan radionuklid cütü (çətin detektə olunan və ona qarşı qoyulmuş referent nuklidlər) aktivlikləri təyin olunmuş nümunələrin sayı; i – nümunənin nömrəsidir.

Kifayət qədər korrelyasiyanın olması kriteriyası aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur [1,2]:

$$r \geq 0,7. \quad (3)$$

(3) kriteriyası yerinə yetirildikdə radionuklidlərin xüsusi aktivlikləri və onların loqarifmləri arasında statistik əsaslandırılmış xətti asılılıq mövcuddur. Bu asılılığın təyin edilməsi üçün ən kiçik kvadratlar metodundan istifadə etmək olar (bu metodu uyğun kəmiyyətlərə tətbiq etməklə). Əgər (3) kriteriyası yerinə yetirilmirsə, çətin detektə olunan və referent radionuklidlərin aktivlikləri arasında aşağıdakı şəkildə əsaslandırılmış qeyri-xətti asılılığın olması qiymətləndirilir:

$$A_{\text{ÇDN}} = \alpha \cdot (A_{\text{RN}})^b, \quad (4)$$

burada, a və b sabitlərdir.

(4) ifadəsi belə də yazıla bilər:

$$\ln(A_{\text{ÇDN}}) = \ln(\alpha) + b \cdot \ln(A_{\text{RN}}). \quad (4a)$$

(4a) ifadəsi i -ci nümunə üçün aşağıdakı kimi yazılır:

$$y_i = \ln(a) + b \cdot x_i \quad (5)$$

burada, $x_i = \ln(A_{RN})$, $y_i = \ln(A_{CDN})$ real qiymətləndirmə üçündür.

Alınmış eksperimental və ya hesablama-nəzəri verilənlərin nəticələrinin ümumiləşdirilmiş ən kiçik kvadratlar metoduna görə regressiv analizindən əmsalların ədədi qiymətləri və onların qeyri-müəyyənlikləri alınır; konkret bir məsələ üçün ən optimal qeyri-xətti xarakteristikalar (ən kiçik qeyri-müəyyənliyə malik) seçilir.

Müəyyən olunmuş əmsallar və/və ya funksiyalar sonradan RAT-ın xarakteristikaları üçün istifadə edilir. Nəzərdən keçirilən RAT-da çətin detektə olunan və reper radionuklidlərin aktivlikləri arasında korrelyasiya əlaqələrini təsvir edən əmsal və funksiyalar toplusu *radionuklid vektor* adlanır. Radionuklid vektor asan detektə olunan reper radionuklidlərin ölçülmüş aktivlikləri vasitəsi ilə RAT-da çətin detektə olunan radionuklidlərin aktivliyini müəyyən olunmuş dərəcədə etibarlılıqla qiymətləndirməyə imkan verir.

3. TNEK RAT-da radionuklid tərkibinin tədqiqatının nəticələri

Radionuklid vektor metodu əsasında TNEK RAT-da çətin detektə olunan alfa- və beta-şüalanan radionuklidlərin tərkibinin qiymətləndirilməsi metodu işlənilmişdir. TNEK-in istismarı zamanı yaranması planlaşdırılan TNEK RAT-ın layihəsindən məlum radionuklid tərkibə malik tullantılar ayrılır. TNEK RAT-ın layihəsinə konstruksiya materialları və işlənmiş süzgeçlər, ion mübadiləsi qətranları, ekstragentlər, dezaktivasiya məhlulları, trap suları, fərdi müdafiə vasitələri və s. şəklində texnoloji və qeyri-texnoloji RAT daxildir. Göstərilən RAT-ın yaranmasının mənbələrindən/proseslərindən şərti olaraq aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- daxilireaktor metallik elementləri demontajı;
- fabrikasiya modulunda (FM) işlənmiş süzgeçlər və çirklənmiş texnoloji mühitlər;
- qymətli komponentlər kənarlaşdırıldıqdan sonra FM-in bərk radioaktiv tullantıları (BRT);

- qeyri-texnoloji RAT-ın emalı;
 - maye radioaktiv tullantıların (MRT) sementləşdirilməsi.
- Tədqiq olunan RAT-ları fiziki-kimyəvi tərkibinə görə aşağıdakı kimi klassifikasiya etmək olar;

- metal RAT;
- borsilikat və ya borfosfor şüşə matrisalı şüşələşdirilmiş MRT;
- sementləşdirilmiş MRT;
- şüşə lif;
- keramik RAT;
- qarışıq tərkibli RAT.

TNEK RAT-ın aktivliyini təyin edən radionuklidləri 3 qrupa bölmək olar:

- konstruksiya materiallarının aktivasiya məhsulları (^{55}Fe ; ^{60}Co ; ^{63}Ni ; ^{94}Nb və s.);
- nüvə yanacağıının bölünmə materialları (o cümlədən aktivləşdirilmiş) (^{90}Sr ; ^{99}Tc ; ^{144}Ce ; ^{134}Cs ; ^{137}Cs və s.);
- uran və transuran radionuklidləri.

Göstərilən radionuklidlərdən (MAQATE-nin klassifikasiyasına görə yarımparçalanma periodu 100 gündən az [3]) çox az yaşayan radionuklidlər seçilə bilər ki, onların da saxlama müddətində aktivliyi tullantıların RAT-a aparılması zamanı olduğu aktivlikdən kiçik qiymətlərə qədər azalmalıdır: ^{59}Fe ; ^{58}Co ; ^{95}Zr ; ^{95}Nb ; ^{99}Mo ; ^{103}Ru ; ^{124}Sb ; ^{239}Np ; ^{242}Am və s. Bu radionuklidlər basdırılma məqsədi ilə RAT-ın pasportlaşdırılması üçün heç bir maraq kəsb etmir,

lakin, qamma- şüalandırıcılar radionuklid vektor texnologiyasından istifadə etməklə RAT-ı təşkil edən məhsulların xarakteristikaları üçün reper qismində istifadə edilə bilər.

Yuxarıda adı çəkilən radionuklidlərdən əlavə RAT-da aktivliyi birbaşa olaraq qamma-spektrometrik sistemin istifadə olunması nəticəsində qeyri-dağıdıcı qamma-spektroskopiya metodu ilə ölçülə bilməyən TNEK RAT-ın xarakteristikasının proqram-aparat kompleksinə daxil olan çətin detektə olunan radionuklidləri ayırmaq olar: ^{55}Fe ; ^{63}Ni ; ^{59}Ni ; ^{90}Sr ; ^{99}Tc ; ^{144}Pr , uran, kuri, pluton və s. izotopları.

4. Nəticə

TNEK RAT-ın layihə xarakteristikalarına əsaslanan və RAT-da alfa- və beta- şüalanan radionuklidlərin tərkibinin qiymətləndirilməsi zamanı radionuklid vektoru metodunun tətbiq olunmasının prinsipial mümkünlüyünü nümayiş etdirən tədqiqat işi aparılmışdır. Layihə verilənlərinə görə RAT-da radionuklidlərin mövcudluğu və nəzərdə tutulan radionuklid vektorları müəyyən edilmişdir. RAT-ın qamma-şüalanmasının spektrində radionuklidin qeydə alınması mümkünlüyünün model və nəzəri cəhətdən sübut olunmasından sonra reper radionuklidlər təyin edilmişdir: ^{95}Zr , ^{137}Cs , ^{154}Eu , ^{241}Am .

Ədəbiyyat

1. IAEA Nuclear Energy Series NW-T-1.18. Determination and use of scaling factors for waste characterization in NPP. IAEA, Vienna, Austria, 2009.
2. ISO 21238-2007. Scaling factor method to determine the radioactivity of low- and intermediate-level radioactive waste packages generated at nuclear power plants.
3. Классификация радиоактивных отходов. Руководство по безопасности № GSG-1. МАГАТЭ, Вена, Австрия, 2014.

METHOD FOR ESTIMATING THE CONTENT OF ALPHA- AND BETA-EMITTING RADIONUCLIDES IN RADWASTE

E.A. Kerimov, S.N. Musayeva, P.R. Zulfugarly

Abstract: A method for estimating the content of difficult-to-measure radionuclides in the radioactive waste of a pilot demonstration power complex, which allows minimizing the costs of sampling, sample preparation and analysis, is presented.

Keywords: radionuclide, radioactive waste, nuclide vector, non-destructive method, sampling.

МЕТОД ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ АЛЬФА- И БЕТА-ИЗЛУЧАЮЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ В РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДАХ

E.A. Керимов, С.Н. Мусаева, П.Р. Зульфугарлы

Резюме: Представлена методика оценки содержания трудноизмеримых радионуклидов в радиоактивных отходах опытно-демонстрационного энергетического комплекса, позволяющая минимизировать затраты на отбор проб, пробоподготовку и анализ.

Ключевые слова: радионуклид, радиоактивные отходы, нуклидный вектор, неразрушающий метод, отбор проб.