

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

ƏTRAF MÜHİTİN MÜXTƏLİF ÇİRKƏNMƏLƏRİNİN EKOLOJİ QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ VƏ OPTİMAL REMEDIASIYA METODLARININ İŞLƏNİLMƏSİ

İxtisas: 2426.01 – Ekologiya

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **Rəşad Şöhrət oğlu Məmmədli**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2025

Dissertasiya işi Milli Aerokosmik Agentliyinin Elmi - Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, professor
Hikmət Həmid oğlu Əsədov

Rəsmi opponentlər:

AMEA-nın müxbir üzvü, fizika-
riyaziyyat elmləri doktoru, professor
Rauf Hacı oğlu Qardaşov

texnika elmləri doktoru, professor
Mürsəl İldırım oğlu Əliyev

kimya üzrə fəlsəfə doktoru
Aytən Aftandil qızı Səmədova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Milli Aerokosmik Agentliyi nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.38 Dissertasiya Şurası

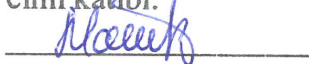
Dissertasiya Şurasının sədri:



texnika elmləri doktoru, professor

Tofiq İbrahim oğlu Süleymanov

Dissertasiya Şurasının
elmi katibi:



texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Amidə Cəbrayıl qızı Əliyeva

Elmi seminarın sədri:



texnika elmləri doktoru, professor

Bəhram Hüseyn oğlu Əliyev



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Ətraf mühitin çirklənməsinin zamana görə dinamikasının öyrənilməsində məkan analizinin vacib məsələlərindən biri baza nöqtələri şəklində fərdi məkan nümunələrinin qiymətlərindən istifadə etməklə kəsilməz səthin interpolyasiyası hesab edilir. Kifayət sayda interpolyasiya üsulları məlumdur ki, bunlara da splayn metodu, polinomial reqressiya trend səthi metodu, radial baza funksiyası (RBF) metodu və s. daxildir. Eyni zamanda ekoloji çirklənmələrin qiymətləndirilməsinə və ekstrapolyasiyasına olan tələblər çirklənmənin zamana görə parçalanması prosesinin gedişatının interpolyasiya qiymətlərinin dəqiqliyinin artırılması zərurətini qarşıya çıxarır.

Məlumdur ki, xüsusi iqtisadi zonaların və texnoparkların inkişafı sənaye klasteri formasında həyata keçirilir. Klaster dedikdə coğrafi cəhətdən yaxın məsafədə yerləşən istehsal müəssisələri qrupu başa düşülür. Klasterin sənaye müəssisələri üzərində atmosferdə aerosolun konsentrasiyasına təsir edən ən mühüm meteoroloji amillər nisbi rütubət, küləyin sürəti və havanın temperaturudur. Bununla əlaqədar süni yağışların əmələ gəlməsi yolu ilə atmosferin aşağı təbəqələrində aerosolun “yuyulması”nın mümkünlüyünü nəzərə alaraq atmosferin minimum ümumi aerosol çirklənməsini əldə etmək üçün optimal meteoroloji şəraitin sintezi məsələsi aktual olaraq gündəmə gəlir. Atmosfer aerosolu insanın həyat fəaliyyətinə bir sıra mənfi təsirlər göstərir, o cümlədən, iqlimin pisləşməsinə kömək edir, görünüş məsafəsini kiçildir, tənəffüs yolları vasitəsilə oqranizmə daxil olaraq insan sağlamlığı üçün təhlükə yaradır. Atmosferin aerosolun təsirinə məruz qalması onun müxtəlif tərkib hissələrinin spektrometrik ölçmələrində küyə bənzər siqnalların əmələ gəlməsi ehtimalı ilə müşayiət olunur.

Bunlar nəzərə alınmaqla atmosfer aerosolunun təsirini kompensasiya etmək üçün yer-kosmos günəş-fotometrik ölçmələrinin kombinə edilmiş üçdalğalı metodunun əsaslarının işlənilməsi aktual məsələ kimi qarşıya çıxır. Son illərdə ətraf mühitə kifayət dərəcədə aşağı səviyyədə təsir göstərən dayanıqlı üzvi çirkləndiricilərin (DÜÇ)

ekoloji təhlili aparılmışdır. Buraya biokonsentrasiya, qlobal yayılma, fiziki, kimyəvi və bioloji dəyişikliklərə davamlılıq, orqanizmlərə toksik təsir kimi xüsusiyyətlərə malik olan üzvi xlor birləşmələri sinfi daxildir. Zəhərli xlor-üzvi birləşmələr sinfinə polixlorlu bifenillər də (PXB) daxil edilir. PXB qlobal miqyaslı ekoloji çirkləndiricilər olmaqla bədənə ağciyərlər, mədə-bağırsaq traktları və dəri vasitəsilə daxil olurlar. Həmin çirkləndiricilər bədənə qida və ya hava ilə daxil olduqdan sonra qaraciyər, böyrəklər, ağciyərlər, böyrəküstü vəzlər, beyin, ürək və dəri kimi orqanlarda toplanırlar. PXB-lər sənaye sahələrində və ona yaxın ərazilərdə insan həyatı üçün əhəmiyyətli təhlükələr yarada bilirlər. PXB-nin qlobal paylanması dövrü Yer in çirklənməsi, suyun çirklənməsi və havanın çirklənməsi kimi proseslərə yol açır, nəticədə bu proseslərin son məhsulları remediya proseduruna məruz qalmalıdırlar. Yandırma PXB materiallarını zərərsizləşdirmək üçün ən səmərəli üsul hesab olunur.

Bununla belə, PXB-ləri zərərsizləşdirmək üçün yandırma üsulu baha başa gəlir və alternativ olaraq təhlükəli tullantıların yeraltı qatlarda basdırılması hesab edilir. Bununla belə, PXB materiallarının zərərsizləşdirilməsinin bu üsulu yer səthinin və yeraltı suların çirklənməsi kimi fundamental çatışmazlıqlarla qarşılaşır. PXB-lərin suda və havada konsentrasiyasını azaltmağın ən səmərəli yolu ultrabənövşəyi şüalarla onlara təsir etməkdən ibarətdir.

Torpağın neftdən təmizlənməsinin məlum üsulları, o cümlədən yandırma, xaric etmə, bioloji üsullar səmərəsiz hesab edilir, belə ki, ətraf mühitin ikinci dərəcəli çirklənməsinə gətirib çıxarır. Torpaq hissəciklərinin ölçüsü, şüalandırılan təbəqənin qalınlığı, işığın intensivliyi, torpaqdakı humusun miqdarı kimi amillərdən asılı olaraq torpaqdakı üzvi çirkləndiricilərin fotodeqradasiyası perspektivli üsul hesab edilir. Fotokatalitik üsulda reaktorda TiO_2 -nin konsentrasiyasının artırılması xam neftin parçalanma sürətinin artmasına səbəb ola bilər və neftin deqradasiyasının maksimal sürəti 2% əlavə edilmiş TiO_2 konsentrasiyasında müşahidə olunur.

Məlumdur ki, mineral yağlar və işlənmiş mühərrik yağları kanserogen və yaxud mutagen xassələrə malikdirlər. Bundan əlavə, istifadə olunan mühərrik yağları canlı dəniz mühiti üçün zərərlidir. Buna görə də ətraf mühiti istifadə olunan mühərrik yağlarının

təsirindən qorumaq lazım gəlir. Bu səbəbdən nümunənin infraqırmızı spektral analizi onun toksiklik dərəcəsini qiymətləndirmək üçün geniş istifadə olunur.

Eynilə məlumdur ki, bir çox neft karbohidrogenləri toksiklik xarakteri daşıdığından, neftlə çirklənmiş torpaqlar ətraf mühit üçün ciddi ekoloji təhlükələr yaradır. Neft karbohidrogenlərinin biodegradasiyası təbii mühitdə mikrobial və kimyəvi materiallarla katalitik reaksiyaları əhatə edir. Belə karbohidrogenlərin parçalanma sürəti temperatur, pH və s. kimi amillərdən asılıdır.

Bununla yanaşı, neft karbohidrogen komponentlərinin birgə biodegradasiyası üçün optimal kinetik modelinin işlənib hazırlanması aktual məsələ kimi qarşıya çıxır ki, burada komponentlərin optimal kinetik əlaqəsi karbohidrogenlərin qalan miqdarının minimal qiymətinə nail olunmasını təmin etməlidir. Su çirkləndiricilərinin fotokatalitik təmizlənməsi sahəsində kinetik modellərin tətbiqi eksperimental məlumatların şərhinə, sistemin optimallaşdırılmasına və remediasiya prosesinin səmərəliliyinin artırılmasına imkan verir.

Eyni zamanda üzvi birləşmələrin fotomineralizasiya prosesini təsvir etmək və modelləşdirmək üçün kinetikanın ən sadə modellərindən geniş istifadə olunur. Buna görə də su obyektlərinin üzvi çirkləndiricilərdən təmizlənməsi üçün fotokatalitik metodun daha da təkmilləşdirilməsi məsələsi müvafiq kinetik modellərin təkmilləşdirilməsi zərurətini əsas problem kimi qarşıya çıxarır.

Eyni zamanda, su məkanına dağılmış neft kütləsinin transformasiyası prosesləri sahəsində modelləşdirmə tədqiqatlarının aparılması da mühüm və aktualdır. Dəniz səthində neft kütləsinin ayrı - ayrı amillərin təsiri altında müxtəlif səviyyədə degradasiyaya uğraması faktı məlumdur. Ona görə də neftin degradasiyası proseslərinin tədqiqi texnogen fəlakətlərin baş verdiyi ərazilərdə əks tədbirlərin görülməsi və bərpa tədbirlərinin planlaşdırılması üçün vacib məsələlərdən biridir.

Tədqiqatın obyekti və predmeti. Tədqiqat **obyekti** olaraq şəhər atmosferinin çirklənmələri, polixlorlu bifenil emissiyaları, əlavə Weibull funksiyası, torpağın remediasiya prosesləri, psevdo - birinci tərtib kinetik proseslər, ikikomponentli desorbsiya modeli, karbohidrogenlərin degradasiyasına təsir edən amillər götürülmüşdür.

Tədqiqatın **predmetinə** deqradasiyaya uğrayan neft komponentlərinin modelləşdirilməsi, torpağın desorbsiya rejiminin optimallaşdırılması, PXB ilə çirklənmiş torpağın seriyalı remediasiya prosesləri, sənaye müəssisələrinin və şəhər atmosferinin ümumi aerosol çirklənmələrinin qiymətləndirilməsi və suyun təmizlənməsinin katalitik metodları daxildir.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Tədqiqatın **məqsədi** ekoloji stabilliyi təmin etmək üçün ətraf mühitin müxtəlif komponentlərinin aerosollar, polixlorlu bifenillər və neft karbohidrogenləri ilə çirklənməsinin monitorinqi, qiymətləndirilməsi və remediasiyası üçün yüksək effektivlikli metodların işlənilib hazırlanmasından ibarətdir.

Əsas məqsədə nail olmaq üçün dissertasiya işində aşağıdakı **məsələlər** qarşıya qoyulmuş və öz həllini tapmışdır:

1. Şəhər atmosferinə nöqtəvari aerosol emissiyaları zamanı minimal çirklənmiş sahələrin aşkar edilməsi üçün şərti məkan interpolasiyası metodunun işlənilib hazırlanması.

2. Aerosolla çirklənmə təbəqəsinin hündürlüyü ilə süni törədilmiş yağışların bir damcısının ölçüsü arasındakı optimal əlaqəni müəyyən etməyə imkan verən eyni klaster sənaye müəssisələrinin ümumi aerosol çirklənməsinin optimallaşdırılması məsələsinin həlli.

3. Atmosferə atılan polixlorlu bifenil tullantılarının insan orqanizminə təsir riskinin qiymətləndirilməsi.

4. Mikrodalğalı şüalanmadan və torpağa əlavə olunan MnO_2 -dən remediasiya amilləri kimi istifadə edildikdə, bir neçə məntəqədə polixlorlu bifenillə çirklənmiş torpağın seriyalı remediasiyası prosedurlarının işlənilməsi.

5. Karbohidrogenlərlə müxtəlif dərəcədə çirklənmiş heterogen mühitdən götürülmüş qrunut nümunələrinin ardıcıl emalı zamanı optimal desorbsiya rejimini sintez etməyə imkan verən ikikomponentli desorbsiya modelinin formalaşdırılması.

6. Karbohidrogen qarışığında bir komponentin deqradasiyasının digər komponenti inhibə etməsi nəzərə alınmaqla deqradasiyaya uğrayan neft komponentlərinin optimal modelləşdirilməsi məsələsinin həlli.

7. Deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün qiymətləndirilməsində əlavə informativ əlamət kimi ekstremal

xüsusiyyətlərə malik olan nisbi loqarifmik göstəricinin formalaşdırılması, dəniz səthində neftin deqradasiyası prosesinin optimallaşdırılmış sadə modelinin işlənilib hazırlanması.

8. Torpağın neft karbohidrogenlərindən və su hövzələrinin üzvi çirkləndiricilərdən təmizlənməsi üçün yüksək səmərəli fotokatalitik üsulların işlənilib hazırlanması.

Tədqiqat metodları. Qarşıya qoyulan məsələlərin həlli prosesində adsorbsiya nəzəriyyəsinin, aerozollar nəzəriyyəsinin elementlərindən, həmçinin riyazi analizin və variasiya optimallaşdırma nəzəriyyəsinin müvafiq müddəalarından istifadə edilmişdir. Nəzəri cəhətdən əldə edilmiş nəticələrin təsdiqlənməsi və doğruluğunun yoxlanılması üçün ətraf mühitin ekoloji monitorinqi sahəsində məlum təcrübələrdən əldə edilmiş eksperimental verilənlər və qurulmuş riyazi modellər əsasında alınmış məxsusi model tədqiqatlarının nəticələri əsas götürülmüşdür.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar.

1. Şəhər atmosferinə nöqtəli aerozol emissiyaları zamanı minimal çirklənmiş zonaları aşkar etmək üçün təklif olunmuş şərti məkan interpolasiyası metodu.

2. Aerozolla çirklənmə təbəqəsinin hündürlüyü ilə süni şəkildə törədilən yağışların bir damlasının ölçüsü arasındakı optimal əlaqəni müəyyən etməklə vahid klasterin sənaye müəssisələrinin ümumi aerozol çirklənməsinin optimallaşdırılmasını təmin edən məsələnin formalaşdırılması və həlli.

3. Tərkibində PXB olan məhsul və ya maddənin istifadədə olan hissəsini müəyyənləşdirən əlavə Weibull funksiyasının integral qiymətinin minimuma çatmasını təmin edən şərtin - PXB-nin yarımparçalanma müddəti ilə onların istifadə müddəti arasında düz mütənasib asılılığın mövcudluğu şərtinin aşkarlanması məsələsinin formalaşdırılması və həlli.

4. Torpağın seriyalı remediiasiyasında istifadə olunan mikrodalğalı radiasiya və MnO_2 faktorları üçün psevdo-birinci tərtib kinetik proseslərin göstəriciləri arasında təmizlənmənin ekstremumunu təmin edən qarşılıqlı asılılığın analitik ifadəsi.

5. Heterogen məkanda müxtəlif dərəcəli karbohidrogen çirklənməsinə məruz qalmış torpaq nümunələrinin ardıcıl emalı

zamanı optimal rejimi sintez etməyə imkan verən ikikomponentli desorbsiya modeli.

6. Karbohidrogenlərin qarışığında bir komponentin deqradasiyasının digər komponentin qarşısını ala biləcəyi məlum fakt əsasında neftin deqradasiyaya uğrayan komponentlərinin optimallaşdırılması modeli.

7. Deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün əlavə informativ əlaməti kimi təklif olunmuş yeni loqarifmik nisbi göstəricisi. Dəniz səthində neftin deqradasiyası prosesinin sadələşdirilmiş modeli.

8. Fotokatalitik reaksiyanın nəticəsinin təklif olunan üçölçülü təqdimatı əsasında belə reaksiyaların və müxtəlif konsentrasiyalı çirkəndiricilərə malik sututarlar qrupunun təmizlənməsində katalitik proseslərin optimallaşdırılması metodları.

Tədqiqatın elmi yeniliyi.

1. Nöqtəvari aerosol tullantılarına məruz qalmış şəhərlərdə ən az çirkənlənmiş ərazilərin müəyyənləşdirilməsinin elə məkan interpolyasiya metodu təklif edilmişdir ki, bu halda interpolyasiya üçün istifadə olunan məkan baza nöqtələrinin bir güclü aerosol mənbəyinin təsiri ilə formalaşması fərz edilməklə interpolyasiya nöqtəsində minimal çirkənlənməni təmin edən məsafələr asılılığı: güclü vahid mənbədən baza nöqtəsinə qədər olan məsafənin həmin baza nöqtəsindən interpolyasiya nöqtəsinə qədər olan məsafədən asılılıq funksiyası müəyyənləşdirilir.

2. Eyni sinif sənaye müəssisələrinin səth atmosferinin ümumi aerosol çirkənlənməsinin minimumuna nail olmaq üçün həll edilmiş optimallaşdırma məsələsinin həlli aerosolla çirkənlənmə təbəqəsinin hündürlüyü ilə süni törədilən yağışın bir damcısının ölçüsü arasında optimal qarşılıqlı əlaqəni tapmağa imkan vermişdir.

3. İlk dəfə olaraq göstərilmişdir ki, atmosfərə atılmış polixlorlu bifenilin insan orqanizminə təsir riski o zaman minimum olur ki, çirkəndiricinin təsirinin zəifləmə əmsalı ilə baxılan ərazinin əhali sayı düz mütənəsb olsun. Əlavə Weibull funksiyasının integral kəmiyyətini qiymətləndirməklə istifadədə olan polixlorbifenilli məhsulların minimumunu təmin edən PXB izomerlər dəstinin yarıyaşama müddəti ilə istifadə olan məhsulların istifadəyə başlanma göstəriciləri arasındakı əlaqə müəyyənləşdirilmişdir.

4. Torpağın bir neçə məntəqədə seriyalı remediatsiyası prosesində istifadə olunan mikrodalğalı radiasiya və torpağa əlavə olunan MnO_2 faktorlarının psevdo-birinci tərtib kinetik proses göstəriciləri arasında remediatsiyanın maksimal səmərəliliyini təmin edən asılılığın yenu analitik ifadəsi alınmışdır.

5. Heterogen torpaq mühitində karbohidrogenlərlə müxtəlif dərəcədə çirklənmiş torpaqların cəld desorbsiyaya uğrayan fraksiyalarının payının artım tempinə uyğun olaraq ardıcıl emalı zamanı optimal desorbsiya rejimini sintez edən yeni ikikomponentli model təklif edilmişdir.

6. Karbohidrogenlərin qarışığında bir komponentin deqradasiyasının digər komponentə mane ola biləcəyi məlum faktına əsaslanaraq deqradasiyaya uğrayan neft komponentlərinin modeləşdirilməsi məsələsi həll edilmiş, ilkin konsentrasiyaların həndəsi orta qiymətinin artdığı müddətdə qalıq konsentrasiyaların orta integral qiymətinin minimuma çatması şərti müəyyənəşdirilmişdir.

7. Deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün qiymətləndirilməsi üçün əlavə informativ əlamət kimi elə yeni loqarifmik nisbi göstərici təklif edilmişdir ki, neftin fraksiyaları paylarının müəyyən dəyişmə dinamikasında o minimum qiymət alır.

8. Dəniz səthində neftin deqradasiya prosesinin sadələşmiş optimallaşma modeli işlənilmiş, suda həll olunan neftin minimal fraksiya kəmiyyətinə nail olunması üçün küləyin sürətinin zamandan asılılığı ilə neftin buxarlanmasının fraksiya kəmiyyəti arasındakı qarşılıqlı əlaqə müəyyənəşdirilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.

1. Şəhər atmosferinə nöqtəli aerosol emissiyaları zamanı minimal çirklənmiş zonaların aşkar edilməsi üçün təklif olunmuş şərti məkan interpolasiya metodu təkcə şəhər atmosferinin aerosolla deyil, həm də riyazi ümumiləşmiş formada az toksikliyə malik qazlarla çirklənmiş sahələrin aşkarlanmasında istifadə oluna bilər ki, bu da xüsusi **nəzəri** əhəmiyyətə malikdir.

2. Eyni klasterə məxsus sənaye müəssisələrinin yerüstü atmosferində aerosol çirklənmələrinin minimumuna nail olunması üçün optimallaşdırma məsələsinin həlli əsasında aerosolla çirklənmə təbəqəsinin hündürlüyü və süni yağışın bir damcısının ölçüsü arasında

yaradılmış analitik əlaqə sənaye cəhətdən inkişaf etmiş zonalarda havanın təmizlənməsi üçün süni yağışların törədilməsinin elmi əsaslarının işlənilməsində, həmçinin dizaynerlər üçün layihələndirmə işlərinin aparılmasında geniş **nəzəri və praktiki** əhəmiyyət kəsb edir.

3. Hər hansı ərazidə çirkəndiricilərin zəifləmə əmsalı ilə yerli əhalinin sayı arasında düz mütənasib asılılıq olduqda, atmosfərə atılan PXB-nin insan orqanizminə təsir riskinin minimuma çatması şərti keçmiş sənaye zonalarında yaşayış binaları tikilməklə əhalinin məskunlaşması planlarının hazırlanmasında geniş **elmi-praktiki** əhəmiyyətə malikdir.

4. İstifadədə olan PXB tərkibli məhsulların payını təyin etmək üçün əlavə Weibull funksiyasının inteqral kəmiyyətinin qiymətləndirilməsi üzrə alınmış nəticə belə məhsulların yayıldığı mühitdə ekoloji remediəsiya tədbirlərinin planlaşdırılmasında vacib **praktiki** əhəmiyyəti ilə seçilir.

5. Ümumilikdə dissertasiya işi üzrə aparılmış tədqiqatların digər nəticələri, o cümlədən deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün qiymətləndirilməsi metodu, dəniz səthində neftin deqradasiyasının təyininin sadələşdirilmiş modeli, heterogen torpaq mühitində desorbsiyanın ikikomponentli modelinin qurulması məsələsi neft karbohidrogenləri ilə çirkənlənmiş müxtəlif mühitlərin təmizlənməsi üçün optimal rejimin müəyyənləşdirilməsində, həyata keçirilən remediəsiya tədbirlərinin səmərəliliyinin artırılmasında mühüm **nəzəri və praktiki** əhəmiyyətə malikdir.

İşin aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin nəticələri Milli Aerokosmik Agentliyinin (MAKA) Birləşmiş Elmi-Texniki Şurasının və MAKA-nın Elmi - Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunun (ETAIİ) Elmi-Texniki Şurasının iclaslarında, həmçinin aşağıdakı elmi-texniki konfrans və forumlarda müzakirə olunmuşdur:

1. XII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», Россия, Курск, 20 мая 2020 г.

2. XIII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и охраны труда», Россия, Курск, 28 мая 2021 г.

3. Общероссийская научно-техническая конференция «Автоматизированные системы управления и информационные технологии», Россия, Пермь, 9-11 июня 2021 г.

4. Azərbaycan Texniki Universitetində “Radiotexnika” ixtisası üzrə mühəndis kadrların hazırlanmasının 60 illiyinə həsr olunmuş “Radiotexnikanın müasir problemləri” mövzusunda Respublika elmi - texniki konfransı, Azərbaycan, Bakı, 20-22 oktyabr 2021.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Müdafiə Sənayesi Nazirliyi Milli Aerokosmik Agentliyinin Elmi-Tədqiqat Aerokosmik İnformatika İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işinin girişi 20101, I fəsil 43231 , II fəsil 30549, III fəsil 35860, IV fəsil 31221, nəticələr 2750 işarədən ibarət olmaqla ümumilikdə 163712 işarədən ibarət mətnə şərh olunmuşdur.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri müəyyənləşdirilməklə müdafiəyə çıxarılan müddəalar, elmi yenilik, işin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti şərh olunmuş, aprobeasiyası və tətbiqi imkanları haqqında məlumat verilmişdir.

Dissertasiyanın **I fəslində** dünya təcrübəsində təbii mühitin müxtəlif çirklənmələrinin qiymətləndirilməsində istifadə olunan determinik və statistik interpolyasiya metodlarının xüsusiyyətləri araşdırılmış, IDW (invers-məsafəli çəki) metodunun üstün cəhətləri müəyyənləşdirilmişdir. IDW metodundan istifadə etməklə şərti interpolyasiya üsulu təklif edilmiş, variasiya optimallaşdırma məsələsinin həlli ilə şəhər atmosferinin nöqtəli aerosol emissiyaları zamanı minimal çirklənməyə məruz qalan ərazilərin aşkarlanması prosedurları şərh olunmuşdur [8]. Məsələnin həlli üçün IDW metodunun məlum¹

¹ Apaydin, H., Sonmez, F.K., Yildirim, Y.E. Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey// Climate Research, - 2004. Vol. 28, - p.31-40.

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n w_i Z(x_i) \quad (1)$$

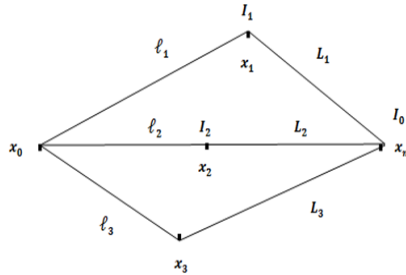
interpolyasiya qiymətləndirilməsi əsas götürülmüşdür. Burada w_i çəki əmsalları, $Z(x_i)$ - seçimin x_i nöqtəsindəki kəmiyyət göstəricisidir. Fərz edilmişdir ki, $Z(x_i)$ -nin L_i yolunda zəifləməsi eksponensial qanuna uyğunluqla baş verir və interpolyasiya nöqtəsi ilə x_i nöqtəsi arasındakı məsafədən asılı olaraq $L=L(l)$ funksiyası üçün $\int_0^{\ell_{\max}} L(\ell) d\ell = C = \text{const}$ məhdudiyyət şərti daxilində optimallaşdırma funksiyası qurulmuşdur.

Həmin funksiyanın ekstremal qiymətə çatması üçün

$$L(\ell) = \frac{1}{b} \ln \frac{bZ(x)}{\lambda_0 \gamma \ell^p} \quad (2)$$

bərabərliyinin ödənilməsi göstərilmişdir. Burada $b = \text{const}$, ρ - IDW metoda məxsus ədədi göstərici, $\gamma = \int_0^{\ell_{\max}} (\frac{1}{l^p}) dl$.

Təklif olunan sadələşmiş modelin iş qabiliyyətini yoxlamaq üçün 3 baza nöqtəsi götürülməklə eksperimental hesablamalar aparılmış və alınmış nəticələrin həndəsi şərhə şəkil 1- də verilmişdir.



Şəkil 1. Eksperimental interpolyasiyanın sadələşdirilmiş modelinin həndəsi şərhə: $x_i (i=1,3)$ - baza nöqtələri, x_0 - hava çirkənlənməsinin güclü mənbəyi, I_0 - çirkənləndiricinin x_0 - nöqtəsində ilkin konsentrasiyası, I - çirkənləndiricinin x_i nöqtəsində konsentrasiyası

Bununla da göstərilmişdir ki, seçimin i - ci nöqtəsindən interpolyasiya nöqtəsinə qədər olan l məsafəsi ilə i -ci nöqtədən güclü mənbəyə qədər olan L məsafəsi arasında elə optimal əlaqə mövcuddur ki, bu halda güclü mənbənin interpolyasiya olunan nöqtəyə ümumi təsiri minimal olur.

Həmin fəsilə həminin müəssisələrin klasterlərinin atmosferinin ümumi aeroxolla minimum çirklənməsini təmin edən optimal meteoroloji şəraitin sintezi məsələsinə baxılmışdır [7]. Bununla əlaqədar yağış buludlarına aktiv təsir etmək yolu ilə süni yağışların əmələ gətirilməsi, atmosferin aşağı təbəqələrində aeroxolun “yuyulması” imkanları nəzərə alınmaqla müəssisə klasterlərinin atmosferinin aerosolla çirklənməsini xarakterizə edən məlum model² əsas götürülmüş və optimallaşdırma məsələsi həll edilmişdir. Bu halda şəhər havasının bir tərəfləri h_i olan düzbucaqlı ilə məhdudlaşdığı qəbul edilərək n sayda sənaye zonaları üçün

$$H = \{h_i\}; i = \overline{1, n}; h_i = h_{i-1} + \Delta h; \Delta h = \text{const} \quad (3)$$

nizamlı çoxluğuna baxılmışdır. Bununla da damcısının ölçüsü $r_{\min}$ - dan $r_{\max}$ - a qədər dəyişən yağışın törədilməsi imkanı nəzərə alınmaqla $h=h(r)$ funksiyasının elə optimal qiymətini tapmaq tələb olunmuşdur ki, aşağıdakı məqsəd funksionalı ekstremal qiymətə çatmış olsun:

$$\delta_n = \int_0^{r_{\max}} \left\{ \frac{\left[\frac{a_1}{h(r)} + a_2 \right]}{a_3 + \frac{a_4}{r}} + \frac{a_5 \left[1 - e^{-\left(a_3 + \frac{a_4}{r} \right) 86 \cdot 10^3} \right]}{a_3 + \frac{a_4}{r}} \right\} dr \quad (4)$$

Burada $a_1 = \sigma$; $a_2 = \frac{v}{d} \delta_{ext}$; $a_3 = \frac{v}{d}$; $a_4 = \rho$; $a_5 = \frac{\delta(0)}{86 \cdot 10^3}$; δ - şəhərin vahid sahəsinə düşən orta aeroxol emissiyası; v - küləyin orta sürəti; d - şəhər ərazisinin orta üfqi ölçüsü; ρ - yağışın orta intensivliyi; δ_{ext} - şəhərə daxil olan çirkləndiricilərin orta konsentrasiyası; $\delta(0)$ - səthin aeroxol konsentrasiyasıdır.

² Tiwari, S. Variations in mass of the PM10, PM2,5 and PM1 during the monsoon and the winter at New Delhi/ S.Tiwari, D.M.Chate, P.Pragya [et al.] // Aerosol and Air Quality Research, - 2012. Feb: - p. 20-29. DOI:10.4209/aaqr.2011.06.0075

Məsələnin analitik həlli üçün çirklənmə təbəqəsinin hündürlüyü (h) ilə damcının ölçüsü (r) arasındakı asılılığa

$$\int_0^{r_{max}} h(r) dr = C; \quad C = const \quad (5)$$

məhdudiyyət şərti qoyulmuşdur. Nəticədə (4) optimallaşdırma məsələsinin həlli ilə

$$h(r)_{opt} = \frac{C \cdot \sqrt{\frac{a_1}{(a_3 + \frac{a_4}{2})}}}{\int_0^{r_m} \sqrt{\frac{a_1}{(a_3 + \frac{a_4}{r})}} dr}$$

qiymətləri alınmış, bununla da sənaye zonalarında çirkləndiricilərin maksimum çıxarılmasına nail olmaq üçün h ilə r arasında tərs əlaqənin ödənilməsi göstərilmişdir.

Həmin fəsilə həminin üçdalğalı günəş fotometrində atmosfer aerolunun təsirini kompensasiya etmək üçün yeni üsul təklif edilmiş, bu halda istənilən dalğa uzunluğu üçün aerolun ümumi optik qalınlığı $PM_{2.5} + PM_{10}$ cəmi şəklində təqdim olunmuşdur. Bu üsulda günəş fotometrinin dalğa uzunluqları üçün üç bort spektrometrinin dalğa uzunluqları əsas götürülmüş, PM göstəriciləri ilə spektrometrin çıxış siqnalları arasında reqressiya tənlikləri qurulmuşdur. Tənliklər sisteminin həlli ilə üçdalğalı fotometrin korreksiya əmsallarının hesablanması mümkün olduğu göstərilmişdir [14].

Dissertasiyanın **ikinci fəsl** polixlorlu bifenillərin (PXB) ətraf mühitə emissiyalarının xüsusiyyətlərinin araşdırılmasına və optimallaşdırılmış remediya prosedurlarının işlənilməsinə həsr edilmişdir. İlk növbədə PXB-nin fiziki və kimyəvi xüsusiyyətləri, onların yaratdığı fəsadlar, dünyada istehsal həcmi, əsas mənbələri şərh edilərək insan sağlamlığına zərər vurma riskinin qiymətləndirilməsi məsələsinə baxılmışdır. Bunun üçün PXB izomerlərinin ayrı-ayrı məskunlaşma ərazilərində qruplaşdığı nəzərə alınmaqla i -ci sahədə P_i ehtimalı ilə atılan zərərli maddələrin yaratdığı risk (R_i)

$$R_i = P_i P_{li} \exp[-k\Delta_t] \quad (6)$$

kimi hesablanmışdır. Burada P_{li} - zərərli maddələrin emissiyası ehtimalı; k - zəifləmə əmsalı; Δ_t - zərərli maddənin öz təsirini azaltma müddətidir. Məskunlaşma ərazilərinin müxtəlifliyi nəzərə alınmaqla R_i və k_j göstəriciləri arasındakı əlaqənin iki variantına baxılmış və $k_j=f(P_i)$ funksional asılılığı qəbul edilməklə

$$\int_0^{P_m} f(P) dP_i = C_1; \quad C_1 = \text{const}$$

məhdudiyyət şərti daxilində qeyri-şərtsiz optimallaşdırma məsələsinin həlli

$$f(P) = \frac{1}{\Delta_t} \ln \frac{\Delta_t P R_i}{\lambda_0} \quad (7)$$

kimi alınmışdır. Burada λ_0 - baxılan məhdudiyyət şərti daxilində Laqranj vuruğunun hesablanmış qiymətidir. Bununla da göstərilmişdir ki, (7) həlli ödənildikdə insan sağlamlığına dəyən ümumi zərər riski minimuma çatacaqdır.

Təklif olunan ikinci optimallaşdırma məsələsi maddənin istifadəsindən müəyyən müddət sonra özünü məhv etməsi ehtimalını müəyyənləşdirən Weibull paylanmasına əsaslanmışdır. Bu halda maddənin istifadə olunan hissəsini təyin etmək üçün əlavə Weibull funksiyasının inteqral kəmiyyəti qiymətləndirilmiş, istənilən izomerlər dəstinin yarımyaşama dövrü ilə polixlorlu bifenillərdən istifadəyə başlama vaxtı arasında düz mütənəsblik olduqda, onların orqanizmlərə təsir riskinin minimuma çatacağı göstərilmişdir.

Bu fəsilə həmçinin PXB-nin ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinə təsiri, həmçinin çirklənmiş torpaqların yuyulması və remediasiya prosedurlarının kinetikasi məsələləri araşdırılmışdır [10]. Çirklənmiş mühitin remediasiyası prosesinin optimallaşdırılması üçün ilkin olaraq torpaq materialları ilə sorbsiyaya məruz qalmış PXB-nin miqdarının təyini məlum³ düstur əsasında yerinə yetirilmişdir:

³ Wang, M. Removal of polychlorinated biphenyls by desulfurization and emissions of polychlorinated biphenyls from sintering plants / M.Wang, M.Hou, K.Zhao [et al.] // Environmental Science and Pollution Research, - 2016. Apr: Vol. 23 (8). - p. 7369–7375. DOI: 10.1007/s11356-015-5903-7.

$$x = m \cdot K \cdot C \quad (8)$$

Burada x - adsorbsiya olunan maddələrin miqdarı (mkq), m - adsorbentın çəkisi (q), C - PXB-nin qatışıqdakı tarazlıq konsentrasiyası (mkq/ml), k - sorbsiya sabitidir (ml/q).

Bununla üzvü karbonun miqdarı (TOC), səthin sahəsi (SA) ilə sorbsiya sabiti arasındakı həmin mənbədə göstərilən reqressiya tənliklərindən istifadə etməklə real torpaq sahəsinin üçölçülü modelinə baxılmışdır.

Bu halda sorbsiya əmsalı $K = \{k_1, k_2, k_3\}$ çoxluğu kimi götürülmüş və

$$\left. \begin{aligned} k_1 &\geq 188 + 3,36SA + 11,4TOC, \\ k_2 &\geq 255 + 18,5TOC, \\ k_3 &\geq 230 + 6,64SA, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

bərabirsizliklər sistemi tərtib edilərək k_i ($i = \overline{1,3}$) - nin verilmiş qiymətlərində SA - nın və TOC - un optimal qiymətinin aşkarlanması üçün (8) əsasında məqsəd funksionalı formalaşdırılmışdır. Sonda üçölçülü sahədə sorbsiya olunan PXB-nin ümumi miqdarı (X_0)

$$X_0 = m_1 k_1 C + m_2 k_2 C + m_3 k_3 C \quad (10)$$

kimi hesablanmışdır. Beləliklə, (9) məhdudiyyət şərti daxilində xətti proqramlaşdırma məsələsinin məqsəd funksiyası

$$C_1 = \frac{X_0}{C} - d_1 = SA \cdot d_2 + TOC \cdot d_3 \quad (11)$$

kimi təyin edilmişdir. Burada

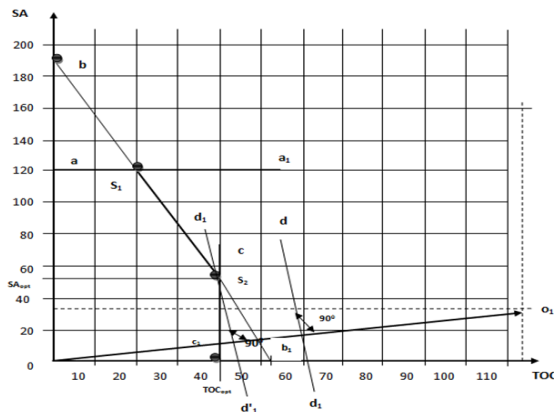
$$\left. \begin{aligned} d_1 &= m_1 \cdot 188 + m_2 \cdot 255 + m_3 \cdot 230 \\ d_2 &= m_1 \cdot 3,36 + m_3 \cdot 6,64 \\ d_3 &= m_1 \cdot 11,4 + m_2 \cdot 18,5 \end{aligned} \right\},$$

m_1, m_2, m_3 - üçölçülü hal üçün adsorbentlərin çəkiləridir.

Beləliklə, məqsəd funksiyası

$$C_1 = 10 \cdot 10^3 \cdot SA + 29,9 \cdot 10^3 \cdot TOC \quad (12)$$

kimi təqdim olunmuşdur. $m_1, m_2, m_3 = 1000$ q götürülməklə SA və TOC kəmiyyətlərinin optimal qiymətləri praktiki nümunə əsasında təyin edilmiş, $k_1 = 995$; $k_2 = 1030$; və $k_3 = 800$ olduqda, xətti proqramlaşdırma məsələsinin həndəsi həlli şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. SA və TOC kəmiyyətlərinin optimal qiymətlərinin təyininin həndəsi həlli: aa_1, bb_1 və cc_1 - (9) bərabərsizliklərinə uyğun məhdudiyyət xətləri; 00_1 - (12) məqsəd funksiyası əsasında formalaşmış mərkəzi xətt; dd_1 və dd'_1 - dayaq müstəvisinin əsası; SA_{opt} və TOC - düşün nöqtələri; S_1, S_2 - SA_{opt} və TOC üçün hesablanmış optimal qiymətlərdir.

Beləliklə, PXB - lərlə çirklənmiş torpaq sahələrinin remediasiya prosesinin iki məsələsinə baxılmış, birinci halda ancaq prosesin səmərəliliyinə nail olunması əsas məqsəd kimi qarşıya qoyulmuşdur. İkinci məsələ isə əlavə olaraq torpağın müxtəlif komponentləri ilə PXB - nin adsorbsiyasının maksimal səmərəliliyinə nail olunmasına həsr edilmişdir. Bununla da göstərilmişdir ki, sorbsiya əmsalının verilmiş qiymətlərində xətti proqramlaşdırma üsulunun tətbiqi torpaqdakı üzvi maddələrin ümumi miqdarını və yaxınlıqdakı səthin sahəsini hesablamağa imkan verir. Alınmış optimal qiymətlər isə

təmizləyici istehsalın yaradılması üçün torpaq sahələrinin seçimində istifadə oluna bilər [10].

Bu fəsilə həmçinin atmosferdə PXB-nin konsentrasiyası ilə çirklənmə mənbəyindən olan məsafə arasındakı eksponensial asılılıq əsas götürülərək TiO_2 nanohissəciklərindən və ultrabənövşəyi şüalanmadan istifadə etməklə atmosfer havasının və qrup sularının tərkibindəki PXB-nin deqradasiyası üçün üsul təklif edilmişdir. Burada PXB-nin emal müddətinin (t) çirklənmə mənbəyindən olan məsafədən (L) asılılığı aşağıdakı kimi ifadə olunmuşdur:

$$t(L) = \frac{1}{k_1} \ln \frac{k_1 C(L_0)}{\lambda_0} - \frac{kL}{k_1}. \quad (12)$$

Burada k_1 - reaksiya sürəti; $C(L_0)$ -PXB-nin $t=0$ anında konsentrasiyası; λ_0 - Laqranj sabitinin (λ) verilmiş məhdudiyyət şərti daxilində hesablanmış qiymətidir.

Bununla da havanın PXB-dən təmizlənməsi üçün ultrabənövşəyi və mikrodalğalı radiasiyadan, suyun təmizlənməsi üçün isə ultrabənövşəyi şüalanmadan və TiO_2 nanohissəciklərindən istifadə tövsiyə olunmuşdur.

Fəslin sonunda torpağın remediatsiyası prosesinin həyata keçirilməsində ona mikrodalğalı şüalanmalarla təsir, həm də MnO_2 -nin əlavə olunması üsulları ilə PXB-nin ayrılması üçün ümumi kinetik model

$$\ln \left(\frac{C}{C_0} \right) = -(k_1 + k_2)t \quad (13)$$

kimi təqdim edilmişdir. Burada C_0 və C uyğun olaraq $t=0$ və $t=t$ anında torpaqda PXB-nin konsentrasiyası, K_1 və K_2 uyğun olaraq prosesin kinetikaşına MnO_2 -nin və mikrodalğalı şüalanmanın təsiri göstəriciləridir. Remediatsiya prosesi üçün $K_2 = f(K_1)$ funksional asılılığına baxılmış və müəyyən məhdudiyyət şərti daxilində optimallaşdırma prosedurları həyata keçirilərək nəticədə

$$f(K_1) = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0 t}{\lambda_0} - K_1$$

həlli alınmışdır. Burada λ_0 - Laqranj vuruğunun hesablanmış qiymətidir. Göstərilmişdir ki, seriyalı remediatsiya əməliyyatları aparıldıqda, mikrodalğalı şüalanma resursları məhdud olan halda K_1 və K_2 göstəriciləri arasındakı əlaqəni tapmaqla MnO_2 - dən remediatsiya amili kimi istifadə oluna bilər. Bununla da variatsiya optimallaşdırma məsələsinin həlli ilə müəyyən edilmişdir ki, torpaqdakı PXB-nin qalıq konsentrasiyası əldə olunmuş şərt ödənildikdə minimuma çatır.

Üçüncü fəsildə müxtəlif karbohidrogenlərlə çirklənmiş torpaq sahələrinin təmizlənməsi məsələləri şərh olunmuşdur. İlk növbədə xam neftin degradasiya dərəcəsinin TiO_2 - nin konsentrasiyasından və xarici şüalanmanın intensivliyindən asılılığı əsas götürülərək fotokatalitik prosesin sürətləndirilməsi metodlarına baxılmışdır [11]. Bununla əlaqədar aromatik karbohidrogenlərin fotodegradasiya prosesində kataliz sürətini təyin edən *Langmuir – Hinkelwood* modelindən⁴ istifadə edilmiş və fotodegradasiyanın sürəti

$$-\ln\left(\frac{C_R}{C_{R_0}}\right) = k_0 \cdot t \quad (14)$$

kimi təyin olunmuşdur. Burada C_R - reaktantın konsentrasiyası, C_{R_0} - reaktantın konsentrasiyasının $t=t_0$ anındakı qiyməti, k_0 - fotodegradasiyanın görünən sürətidir.

Bununla da fotodegradasiya prosesinin sürətləndirilməsi üçün torpağın rütubətliyinin zamana görə dəyişdirilməsi, yəni $k_0=k_0(t)$ qəbul edilməklə (14) kinetik modeli üçün $C = C_{R(t)}$ - nin maksimuma çatmasını təmin edən $k_{op}(t)$ optimal qiymətinin tapılması tələb olunmuşdur. Variatsiya optimallaşdırma məsələsinin həlli ilə məlum olmuşdur ki,

$$k(t) = \frac{1}{t} \ln \frac{(t \cdot C_{R_0})}{\lambda_0} \quad (15)$$

⁴ Zhao, X. Different effects of humid substance on photodegradation of p, p, - DDT on soil surfaces in the presence of TiO_2 under UV and visible light / X.Zhao, X.Quan, H.Zhao [et al.] // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, - 2004. Vol. 167, - p. 177-183.

ödənildikdə, məqsəd funksionalı minimuma çatır. Ona görə də C_{R_0} - in kiçik qiymətləri üçün xəttiləşdirilmiş optimallaşdırma metodu ilə (15) həllinə münasibətdə invers olan həllərdə məqsəd funksionalının maksimuma çatmasını təmin edən optimal həll

$$k(t)_{opt} = A - \frac{1}{t} \ln \frac{(t \cdot C_{R_0})}{\lambda_0} \quad (16)$$

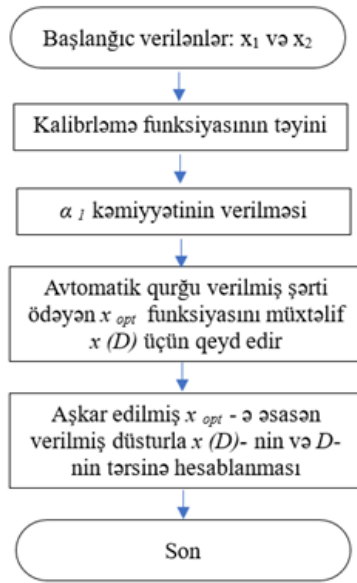
kimi alınmışdır. Burada A -xəttiləşmiş optimallaşma həddi, λ_0 – Laqranj vuruğunun hesablanmış qiymətidir.

Bununla da aromatik karbohidrogenlərlə çirklənmiş torpağın təmizlənməsinin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmişdir. Fotokataliz prosesinin sürətinin torpağın rütubətliyindən asılı olaraq dəyişməsi əsas götürülmüş, məlum kinetik tənlikdən istifadə edilməklə təmizlənmiş torpağın ekstremal miqdarını təmin edən fotokataliz prosesinin sürətinin zamandan asılılığının hesablanması aparılmışdır.

Bu fəsildə həmçinin istifadə edilmiş mühərrik yağlarının toksiklik dərəcəsini təyin etmək üçün ikiparametrli metod təklif edilmişdir [3]. Bu məqsədlə işlənmiş və işlənmemiş yağların absorbsiya spektrlərinin pik nöqtələrinin dəyişmə dinamikası araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, mühərrik yağından istifadə müddətində oksidləşmə nəticəsində yaranan pik artır və nitratlaşma səbəbindən yaranan pik həddini aşır. Bununla da pik impulsları Qauss ayrıları ilə appoksimasiya olunmaqla iki Qauss funksiyasının skalyar bükülməsinin ekstremumunun tapılması təklif olunmuşdur. Skalyar bükülmənin ekstremal qiymətə çatdığı x oxundan nöqtə və normalaşdırılmış çəki əmsalının qiyməti seçilməklə mühərrik yağının parçalanma dərəcəsini təyin edən metodun riyazi əsaslandırılması verilmişdir. Çəki əmsalının qiymətini ardıcıl olaraq dəyişməklə x oxundakı parametrin avtomatik ölçmə qurğusu ilə verilən qiyməti əsasında deqradasiya dərəcəsini təyin edən alqoritmin blok-sxemi şəkil 3-də göstərilmişdir.

Bununla da xüsusi kriteriyalara malik xətti skalyar bükülmənin ekstremallıq xassəsindən istifadə etməklə mühərrik yağının

deqradasiya dərəcəsinə avtomatik təyin etməyin mümkünlüyü göstərilmişdir.



Şəkil 3. Mühərrik yağının deqradasiya dərəcəsinə avtomatik təyin etmək üçün təklif olunan ikiparametrli metodun həyata keçirilməsi algoritminin blok-sxemi: x_1 , x_2 - ilkin verilənlər; $\chi(D) = U_0(D)/U_N(D)$ - kalibrləmə funksiyası; U_0 və U_N - müvafiq olaraq oksidləşmə və nitratlaşma amplitudları; D - yağın deqradasiya dərəcəsi; α_1 - skalyar bükülmənin çəki əmsalı; $x_{opt} = f(\alpha_1, D)$ - skalyar bükülmə funksiyasının ekstremuma çatmasını təmin edən optimal qiymətdir.

III fəsildə həmçinin heterogen torpaq nümunələrinin ikikomponentli optimal desorbsiya modelinin qurulması məsələsinə baxılmışdır. Bunun üçün desorbsiya prosesinin səmərəliliyinin artırılması üçün heterogen geoməkanda stimullaşdırıcı amillərin tətbiqi imkanları araşdırılmış, bu məqsədlə ikikomponentli desorbsiya modelindən⁵ istifadə edilmişdir.

$$\frac{S_t}{S_0} = F_{rap} e^{-k_{rap}t} + F_{slow} e^{-k_{slow}t} \quad (17)$$

Burada S_t və S_0 uyğun olaraq t anında və təcrübənin əvvəlində torpaqda polisiklik aromatik karbohidrogenlərin (PAK) miqdarı; F_{rap} və F_{slow} - sürətlə və yavaş-yavaş desorbsiya olunan PAK fraksiyaları; k_{rap} və k_{slow} ($k_{rap} \gg k_{slow}$) müvafiq qaydada PAK komponentlərinin desorbsiya sürətidir.

Karbohidrogenlərlə çirklənmiş torpaqların remediasiyasında desorbsiya olunmuş PAK-ın artmasına nail olmaq üçün $k_{rap} = d \cdot k_{slow}$, $d = \text{const}$ və $k_{rap} = \varphi(F_{rap})$ funksional asılılıqları qəbul edilmiş, $(0 \div F_{rap}^{\max})$ intervalında məqsəd funksionalı aşağıdakı kimi qurulmuşdur:

$$F_0 = \int_0^{F_{rap}^{\max}} \frac{S_t}{S_a} dF_{rap} = \int_0^{F_{rap}^{\max}} \left[F_{rap} \left(e^{-\varphi(F_{rap})t} - e^{-\frac{\varphi(F_{rap})t}{d}} \right) + e^{-\frac{\varphi(F_{rap})t}{d}} \right] dF_{rap} \quad (18)$$

F_0 - in ekstremal qiymətə çatması üçün $k_{rap} = \varphi(F_{rap})$ funksiyasının qiyməti

$$\varphi(F_{rap}) = \frac{\ln \left[\frac{1}{\frac{1}{F_{rap}} - 1} \right]}{1 - \frac{1}{d}} \quad (19)$$

kimi hesablanmış və bu həll ödənildikdə (18) məqsəd funksionalının maksimuma çatdığı göstərilmişdir. Bununla da heterogen məkanda karbohidrogenlərlə çirklənmiş qrunut nümunələrinin sürətlə desorbsiya olunan fraksiyasının payının artırılması qaydası ilə ardıcıl emalı zamanı optimal desorbsiya rejimi sintez edilmişdir [5].

⁵ Bezza, A.F., Chirwa-Nkhalambayausi, M.E. Desorption kinetics of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from contaminated soil and the effect of biosurfactant supplementation on the rapidly desorbing fraction// Biotechnology & Biotechnological Equipment, - 2015. Vol. 29 (4), - p. 680-688.

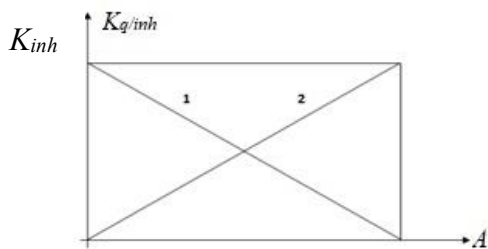
Həmin fəslin sonunda neft birləşmələrinin biodegradasiya prosesinin birinci tərtib kinetika modeli əsasında qurulması məsələsi həll edilmişdir. Bu halda elə modelin qurulması tələb olunmuşdur ki, neft komponentlərinin kinetik əlaqəsi degradasiyaya məruz qalmamış karbohidrogenlərin qalıq miqdarının minimumuna nail olunmasını təmin etsin.

İlk növbədə kinetikanın I tərtib

$$C = C_0 \cdot e^{-kt_k} \quad (20)$$

sadə modelindən istifadə edilməklə ikiqat ortalama metodu tətbiq olunmuşdur. (20) düsturunda C - degradasiyaya uğramış maddənin cari konsentrasiyası; C_0 - maddənin ilkin konsentrasiyası; k - maddənin konsentrasiyasını xarakterizə edən sabit; t_k - degradasiya müddətidir.

Həmin metoda əsasən bir neçə karbohidrogen komponentləri üçün C_i ($i = \overline{1, n}$) - nin orta həndəsi qiymətinin (A) hesablanması və biodegradasiyaya maneə olan, eyni zamanda sürətləndirilə bilən funksiyanın seçilməsi əməliyyatlarının həndəsi şərhı verilmişdir (şəkl.4) .



Şəkil 4. Neftin karbohidrogen komponentlərinin biodegradasiya sürətləri arasındakı əlaqənin həndəsi təqdimatı: 1 - inhibə edilmiş komponentlərin sürəti; 2 - inhibə edilməmiş komponentlərin sürəti.

Bununla da $K_1 = \varphi_1(A)$ və $K_2 = \varphi_2(A)$ məhdudlaşdırıcı şərtləri qəbul edilmiş, yəni inhibə edilmiş komponentlərin degradasiya

sürətinin A -dan asılı olduğu göstərilmişdir. Burada $A = C_{01}^{m_1} \cdot C_{02}^{m_2}$ kimi təyin edilməklə şərtsiz variasiya optimallaşdırma funksionalı

$$F_2 = \int_0^{A_{\max}} A \exp[-(m_1 \phi_1(A)t + m_2 \phi_2(A)t)] A + \lambda \left[\int_0^{A_{\max}} [d_1 \phi_1(A) + d_2 \phi_2(A)] dA \right] \quad (21)$$

kimi tərtib olunmuşdur.

Burada $m_1, m_2; d_1, d_2$ - təcrübi yolla təyin edilmiş cəki əmsalları, λ - Laqranj vuruğudur.

$\phi_2(A)$ -nın məlum olduğu fərz edilməklə F_2 -nin ekstremal qiymətə çatması üçün $\phi_1(A)$ ilə $\phi_2(A)$ arasındakı optimal əlaqə

$$\phi_1(A) = \frac{\ln \frac{A \cdot m_1 t}{\lambda d_1}}{m_1 t} - \frac{m_2 \phi_2(A)}{m_1} \quad (22)$$

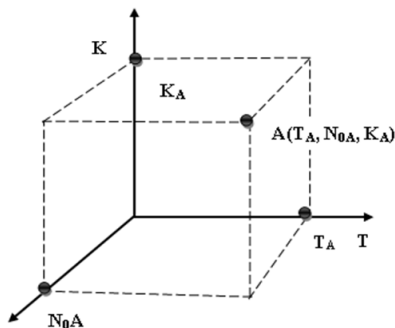
kimi hesablanmışdır. Bununla da (22) həlli ödənildikdə (21) ifadəsində ikinci tərtib törəmə hesablanılmaqla araşdırılan karbohidrogen qarışığının konsentrasiyasının minimuma çatdığı göstərilmişdir. Beləliklə, karbohidrogen qarışığında bir komponentin degradasiyasının digər komponentə mane ola biləcəyi faktına əsaslanaraq prosesin kinetikasının optimallaşdırılmış riyazi modeli qurulmuş, qalıq konsentrasiyanın minimuma çatması şərti hesablanmışdır.

Dissertasiyanın **IV fəsl**i neft karbohidrogenləri ilə çirklənmiş su hövzələrinin təmizlənməsi məsələlərinə həsr edilmişdir. Burada müxtəlif müəlliflər tərəfindən təklif olunmuş fotokatalitik təmizlənmənin kinetik modelləri araşdırılmış, onların əsasında fotokatalitik reaksiyanın üçölçülü həndəsi təqdimatı verilmişdir (şəkil 5).

Fotokataliz prosesinin ölçülərinin azaldılması üçün optimallaşdırma məsələsi həll edilmiş, asılı olmayan dəyişən kimi K reaksiya sürəti, çirkləndiricilərin N_0 konsentrasiyası və şüalanmaya

məruz qalmanın T müddəti götürülməklə hər üç hal üçün integral məhdudiyyət şərtləri formalaşdırılmışdır [13].

Hər üç hal üçün şərtsiz variasiya optimallaşdırma funksionalı tərtib edilməklə sututarlarda fotokataliz prosesinin sürətinin tapılması mənasında formalaşdırılmış məsələlərdən birinin model həlli verilmişdir.



Şəkil 5. Fotokatalitik reaksiyanın üçölçülü təqdimatı:

A – koordinatları T_A (şüalanma müddəti); N_{0A} (çirkləndiricinin ilkin konsentrasiyası), K (reaksiya sürəti) ilə təyin olunan xarakterik nöqtə

IV fəsildə həmçinin su çirkləndiricilərinin fotokatalitik deqradasiyasının bir sıra xətti və qeyri-xətti kinetika modelləri araşdırılmış, onların tətbiq olunma şəraitindən asılı olaraq üstün və çatışmayan cəhətləri müəyyənləşdirilmişdir. Bununla da suyun fotokatalitik təmizlənməsi prosesinin ümumiləşmiş modeli aşağıdakı kimi təklif edilmişdir:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -k' \cdot f(t) . \quad (23)$$

Burada N -sudakı bakteriyaların zamanın t anında olan sayı, N_0 - bakteriyaların ilkin sayı, k' - empirik sabit, $f(t)$ - şüalanmanın t müddətinin qeyri-xətti funksiyasıdır. Heterogen mühitdə suyun fotokatalitik qrup şəkilində təmizlənməsini optimallaşdırmaq üçün (23) tənliyi

$$N = N_0 \cdot \exp[-k' \cdot f(t)] \quad (24)$$

kimi təqdim edilmiş və $n (i = \overline{1, n})$ sayda su sahəsinin hər biri üçün bakteriyaların ilkin sayı

$$N_{0i} = N_{0,i} + \Delta N_{0i}; \quad \Delta N_{0i} = \text{const} \quad (25)$$

kimi təyin olunmuşdur. N_0 göstəricisi k' sabitinin argumenti kimi götürülməklə (24) tənliyi bütün i - lər üzrə cəmləndikdən sonra kəsilməz halda alınmış

$$N_{\Sigma} = \frac{1}{N_{0max}} \int_0^{N_{0max}} N_{0i} \cdot \exp[-k' \tau(N_{0i})] dN_{0i} \quad (26)$$

funksionalının minimuma çatmasını təmin edən

$$k'(N_0) = \ln \frac{N_0}{N_{0max} \cdot \lambda_0} \quad (27)$$

həlli tapılmışdır. Burada λ_0 - Laqranj vuruğunun hesablanmış qiymətidir. Beləliklə, göstərilmişdir ki, (27) şərti ödənildikdə, müəyyən t_0 anından sonra qalmış çirklənmənin ümumi miqdarı minimuma çatacaqdır. Bununla da su nümunələrinin götürüldüyü sahələrdə çirklənmə səviyyəsinin nizamlı çoxluq təşkil etdiyi qəbul edilməklə ixtiyari t_0 anında fotokatalitik prosesin qrup şəklində realizə edilməsinin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmişdir.

Sonra həmin fəsildə dəniz səthinə neftin dağılması ilə əlaqədar onun deqradasiyaya uğramasını xarakterizə edən buxarlanma və emulsifikasiya prosesləri neftin özlülüyünə təsir edən əsas faktorlar kimi araşdırılmışdır [9].

Bu məqsədlə buxarlanmaya və emulsifikasiyaya məruz qalmış neftin sıxlığının (ρ_e) hesablanması üçün

$$\rho_e = y \cdot \rho_{sw} + \rho_{ref} (1 - C_M F_{ev}) \quad (28)$$

düsturundan istifadə edilmişdir. Burada ρ_{sw} - dəniz suyunun sıxlığı;

ρ_{ref} - dağılmadan əvvəl neftin sıxlığı; C_M - sabit ədəd; γ - neftdəki su fraksiyasının kəmiyyət göstəricisi; F_{ev} - neftin buxarlanmış hissəsinin vahidin hissələri ilə verilmiş payıdır.

Həmin tədqiqatlara əsaslanaraq emulsifikasiya olmadığı hal üçün neftin buxarlanmış hissəsinin payının kifayət qədər azaldığı nəzərə alınaraq t zaman ərzində bu prosesi xarakterizə edən $F_{ev}(t)$ göstəricisi aşağıdakı formada təqdim olunmuşdur:

$$F_{ev}(t) = F_{ev}(t)_0 [1 - k \cdot F_{em}(t)]. \quad (29)$$

Burada $F_{ev}(t)_0$ - emulsifikasiya olmayan halda t zamanı ərzində buxarlanmış neftin payının dəyişmə göstəricisi; $F_{ev}(t)$ - emulsifikasiya olan halda eyni göstərici; k - mütənasiblik əmsalıdır.

Bununla da su səthində deqradasiyaya uğramış neftin η özlülüyünün t zamanı ərzində dəyişməsinə xarakterizə edən Moonay tənliyi və (29) ifadəsi əsas götürməklə

$$\gamma = \ln \frac{\eta(t)}{\eta_0} \quad (30)$$

nisbi göstəricisi daxil edilmişdir. Burada η_0 -ilkin anda özlülüyün qiymətidir. Nəticədə nisbi özlülüyün

$$\gamma = \left[\frac{C_V \cdot F_{em}}{1 - C_M \cdot F_{em}} + C_E \cdot F_{ev}(1 - k F_{em}(t)) \right] \quad (31)$$

qiymətinin ekstremuma çatmasını təmin edən buxarlanmış neftin pay göstəricisi kimi hesablanmış və törəmələrin analizi üsulu ilə bu həll

$$F_{em} = \frac{1}{C_M} - \frac{1}{C_M} \sqrt{\frac{C_V}{C_E \cdot k \cdot F_{ev}}} \quad (32)$$

ödənildikdə, γ göstəricisinin minimuma çatdığı göstərilmişdir. Burada C_M, C_V, C_E - empirik əmsallardır.

Beləliklə, deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün zamana görə dəyişmə qaydası müəyyənləşdirilməklə nisbi özlülüyün təklif

olunan γ göstəricisi hesablanmışdır. Hesablamalarda γ - nın minimumu aşkar edilərsə, buxarlanma və emulsifikasiya proseslərinin birgə baş verdiyi, minimum aşkar edilmədikdə isə ancaq buxarlanma olduğu göstərilmişdir. Bununla da dəniz mühitində buxarlanan neft fraksiyalarının dinamikasını xarakterizə edən göstəricinin deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün qiymətləndirilməsində əlavə informativ əlamət kimi xidmət edə biləcəyi əsaslandırılmışdır [9].

IV fəslin sonunda su mühitinə dağılmış neftin transformasiyası məsələləri araşdırılmış, neftin deqradasiyasının sadələşdirilmiş modelinin işlənilməsi əsas məqsəd kimi qarşıya qoyulmuşdur. Bunun üçün fərz edilmişdir ki, neftin deqradasiyasını xarakterizə edən proseslərin X çoxluğu qarşılıqlı əlaqədə olan $x_i(t)$; ($i = \overline{1,3}$) xüsusi proseslərindən ibarətdir.

Burada $x_1(t) = F_d(t)$ - dəniz suyunda həll olunmuş neftin fraksiya həcmi; $x_2(t) = F_e(t)$ - buxarlanmış neftin fraksiya həcmi; $x_3(t) = W(t)$ - küləyin sürətidir.

Bununla da

$$X_{int} = \int_{T_0}^{T_f} x_1(t) dt \quad (33)$$

integral göstəricinin minimuma çatması üçün $x_2(t)$ və $x_3(t)$ prosesləri arasındakı optimal münasibətin tapılması tələb olunmuşdur. Burada T_0 - neftin axmasının qeyd olunduğu zaman anı, T_f - qiymətləndirmə anıdır. Neft dəniz suyunda həll olunarkən toksikliyin artması əsas götürülərək həll olunan neftin miqdarı məlum⁶

$$\frac{dF_d}{dt} = K_{diss} A \left(\frac{S}{1000 \rho_{oil}} \right) ; \quad S = S_0 \cdot \exp(-12,0 \cdot F_e) \quad (34)$$

düsturu ilə təyin olunmuşdur.

⁶ A mathematical model for oil slick transport and mixing in rivers / H.T. Shen, P.D.Yapa, D.S.Wang [et.al.] // Hanover, NH, USA: Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), - 1993, - SR 93-21, - 71 p.

Burada K_{diss} - həll olunma prosesinin kütlə-köçürmə əmsalı (m/s); S - zamanın t anında neftin həll olunma qabiliyyəti (q/m^3); S_0 - neftin suda ilkin həll olunma qabiliyyəti (q/m^3); ρ_{oil} - neftin ilkin sıxlığı (kg/m^3); A - neft ləkəsinin sahəsidir (m^2).

Burada $F_e = F_e(t)$, $A = A(t)$ nəzərə alınmaqla (34) ifadəsindən

$$F_d = \int_0^{T_f} \frac{K_{diss} A \cdot S_0 \exp(-12,0 \cdot F_e)}{1000 \rho_{oil}} dt \quad (35)$$

inteqralı hesablamaqla neft ləkəsinin yayılma sahəsi təyin edilmişdir. Küləyin sürətinin zamana görə dəyişməsinin təsadüfi xarakteri nəzərə alınmaqla $\int_0^{T_f} W(t) dt = C$; $C = const$ şərti qəbul edilmişdir. Sonradan şərtsiz variasiya optimallaşdırma funksionalı

$$F_d = \int_0^{T_f} \frac{D(F_e(t), \frac{dF_e}{dt})}{2,5 \cdot 10^{-3} W(t)^{0,78}} dt + \lambda \left[\int_0^{T_f} W(t) dt - C \right] \quad (36)$$

kimi tərtib edilərək F_d - nin minimuma çatması təmin edən $W(t)$ funksiyasının qiyməti aşağıdakı kimi hesablanmışdır:

$$W(t) = \frac{D(F_e(t), \frac{dF_e}{dt})}{\int_0^{T_f} D(F_e(t), \frac{dF_e}{dt}) d(t)}. \quad (37)$$

Burada

$$D(F_e(t), \frac{dF_e}{dt}) = \frac{K_{diss} \cdot S_0 \cdot V_0 \cdot (\frac{dF_e}{dt}) \cdot \exp(-12,6 \cdot F_e(t))}{1000 \rho_{oil} \cdot K_{evp} \left[a - \frac{b(T_0 + T_g \cdot F_e)}{T_{oil}} \right]} \quad (38)$$

işarələməsi qəbul edilmişdir.

Bununla da göstərilmişdir ki, (36) funksionalında inteqralın 2- ci tərtib törəməsi müsbət işarəli olduğundan, (38) həlli ödənildikdə, (36) məqsəd funksionalı minimuma çatır. Beləliklə dəniz səthinə tökülmüş neftin deqradasiya prosesinə neftin suda həlli, fraksiyaların buxarlanması və küləyin sürəti kimi faktorların təsirini nəzərə alan sadələşdirilmiş model təklif edilmişdir ki, həmin modelə əsasən neftin fraksiya kəmiyyətinin minimuma çatması suyun toksikliyi azalması deməkdir. Eyni zamanda neftin fraksiya göstəricisinin minimumuna nail olunmasını təmin edən buxarlanmanın fraksiya

kəmiyyəti ilə küləyin sürətinin zamandan asılılığının optimal qarşılıqlı əlaqəsi müəyyənləşdirilmişdir.

NƏTİCƏ

1. İnvers-məsafəli çəki (İDW) metodundan istifadə etməklə bir güclü mənbədən formalaşan aerosol çirklənmələrinin minimuma endirilməsi üçün şərti interpolasiya metodu işlənilmiş, süni yağışın bir damcısının ölçüsü ilə aerosolla çirklənmə təbəqəsinin ölçüsü arasında eyni klasterin sənaye müəssisələrinin yerüstü atmosferində çirklənmələrin minimumunu təmin edən qarşılıqlı əlaqə müəyyənləşdirilməklə optimallaşdırma məsələsi həll edilmişdir.

2. Hər hansı dalğa uzunluğunda atmosfer aerosolunun optik qalınlığı $PM_{2.5}$ və PM_{10} -un xətti cəmi kimi təqdim olunaraq onun təsirinin kompensasiyası metodu təklif edilmiş, spektrometrin çıxış siqnalları ilə PM arasındakı reqressiya asılılığına əsaslanmaqla üçdalğalı günəş fotometrinin korreksiya əmsallarının hesablanması mümkün olduğu göstərilmişdir.

3. Əhəlinin sayı ilə tullantıların zəifləmə əmsalı arasındakı asılılıq nəzərə alınmaqla atmosfərə atılan PXB-nin insan orqanizminə təsir riskinin minimuma çatması məsələsi həll edilmişdir. Əlavə Weibull funksiyasının inteqral kəmiyyəti qiymətləndirilməklə tərkibində PXB olan məhsulun istifadəsinə başlanılma vaxtı ilə PXB-nin izomerlər dəsti nümunəsinin yaşama müddəti arasında düz mütənasib asılılıq olduqda, həmin məhsulun miqdar göstəricisinin minimuma çatdığı göstərilmişdir.

4. İstifadə olunmuş PXB tərkibli tullantıların toplanması və müvafiq təmizləyici qurğuların tikintisi üçün torpaq səhələrinin seçimi məsələsi həll edilmiş, atmosfer havasında və qrunut sularında olan PXB -nin parçalanma üsulu işlənilmişdir. Qrunut sularının və atmosfer havasının təmizlənməsinin, həmçinin PXB-lərlə çirklənmiş torpağın remediasiyasının optimallaşdırılması üsulları təklif olunmuşdur.

5. Torpağın ən yüksək desorbsiya göstəricisini təmin edən ikikomponentli modelin formalaşdırılması məsələsi həll edilmiş, aromatik karbohidrogenlərlə az miqdarda çirklənmiş torpağın nəmliyini variasiya etməklə fotokataliz prosesinin sürətinin

dəyişməsinin mümkünlüyü göstərilmişdir. Məlum kinetika tənliyi əsasında təmizlənmiş torpağın ekstremal miqdarını müəyyənləşdirən fotokataliz prosesinin sürətinin zamandan asılılığının optimal forması hesablanmışdır.

6. Mühərrik yağının deqradasiya dərəcəsinin avtomatik təyini üçün təklif edilmiş metodun əməliyyat alqoritmi işlənilmiş, deqradasiyaya uğrayan neft komponentlərinin optimallaşdırılması məsələsi həll edilmiş, prosesin kinetikasının riyazi modeli qurulmuşdur.

7. Müxtəlif konsentrasiyalı çirklənmələrə məruz qalmış su obyektlərində fotokataliz prosesinin optimal sürətinin təyini modeli və müvafiq realizasiya alqoritmi işlənilmişdir. Heterogen çirklənmiş su mühitinin nümunələrində qrup şəklində fotokatalitik prosesin optimallaşdırılmasının parametrik metodu və çirklənmənin minimallaşdırılmasının model həlli verilmişdir.

8. Deqradasiyaya uğramış neftin özlülüyünün qiymətləndirilməsinin yeni informativ əlaməti kimi nisbi loqarifmik göstərici təklif edilmiş, dəniz səthində neftin deqradasiya prosesinin modeli işlənilmişdir. Neftin fraksiya kəmiyyətinin minimumuna nail olmaq üçün küləyin sürəti ilə buxarlanmanın fraksiya kəmiyyəti arasındakı əlaqə təyin olunmuşdur.

Dissertasiya işinin mövzusunə dair dərc olunmuş elmi əsərlərin siyahısı

1. Асадов, Х.Г., Маммадли, Р.Ш. Модельное исследование процессов деградации вылитой на поверхность моря сырой нефти// - Уфа: Нефтегазовое дело, - 2019. №5, - с. 20-30.

2. Асадов, Х.Г., Маммадли, Р.Ш. Вопросы оптимального учета выбросов в окружающую среду полихлорбифенила с учетом периода его полураспада// - М: Безопасность труда в промышленности, - 2019. - №.12, - с. 83-88.

3. Маммадли, Р.Ш. Метод определения степени деградации отработанного моторного масла// - Пермь: Вестник Пермского

национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология, - 2020. №1, - с. 69-79.

4. Маммадли, Р. Ш., Балабан, Д.В. Вопросы моделирования и оптимизации ослабления аэрозольной загрязненности атмосферы над промышленными зонами. // Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы экологии и охраны труда, - Курск: - 20 мая, - 2020, - с. 157-166.

5. Маммадли, Р.Ш., Тарвердиева, У.Х. Вопросы построения двухкомпонентной модели десорбции углеводородов в загрязненной нефтью почве в гетерогенном геопространстве // - Уфа: Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов, - 2020. №4 (126), - с. 100-106.

6. Маммадли, Р.Ш. Разработка модели биodeградации многокомпонентных углеводородных нефтяных соединений// Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», - 2020. №4, - с. 47-56.

7. Маммадли, Р.Ш. Вопросы моделирования и оптимизации при снижении аэрозольной загрязненности атмосферы над промышленными зонами //- М: Автоматизация. Современные технологии, - 2020. Т.74, №6, - с. 248-251.

8. Асадов, Х.Г., Маммадли, Р.Ш. Метод условной пространственной интерполяции для обнаружения минимально загрязненных зон при точечных аэрозольных выбросах в городскую атмосферу// - М: Радиопромышленность, - 2020. Т.30, №3, - с.57-66.

9. Маммадли, Р.Ш., Эминов, Р.А., Асадов, Х.Г. Формирование дополнительного показателя для оценки вязкости деградационных нефти при разливе на морской поверхности // - М: Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, - 2020. №10 (4), - с. 427-431.

10. Маммадли, Р.Ш. Оптимальный выбор земельных участков адсорбции полихлорированных бифенилов, подлежащих дальнейшей ремедиации// - Якутск: Вестник Северо-Восточного Федерального Университета

им.М.К.Аммосова. Серия «Науки о Земле», - 2021. №1(21), - с. 14-20.

11. Маммадли, Р.Ш., Алиева, А.Дж., Семенова, А.Е., Балабан, Д.В. Вопросы оптимизации фотокаталитического очищения загрязненных нефтью земельных участков // Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Актуальные проблемы экологии и охраны труда, - Курск: - 28 мая, - 2021, - с. 152-160.

12. Маммадли, Р.Ш. Построение оптимальной кинетической модели фотокаталитической деградации загрязнителей в гетерогенной водной среде // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Автоматизированные системы управления и информационные технологии», - Пермь, - 9-11 июня, - 2021, - Т. 1, - с. 346-352.

13. Маммадли, Р.Ш. Построение модели фотокаталитического метода очищения водоемов от органических загрязнителей // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Автоматизированные системы управления и информационные технологии», - Пермь, - 9-11 июня, - 2021, - Т. 1, - с. 353-358.

14. Аскеров, К.А., Асадов, Х.Г., Маммадли, Р.Ш., Годжаева-Гасимова, С.Н. Модифицированный трехволновый метод солнечно – фотометрических измерений с компенсацией влияния атмосферного аэрозоля // Azərbaycan Texniki Universitetində “Radiotexnika” ixtisası üzrə mühəndis kadrların hazırlanmasının 60 illiyinə həsr olunmuş “Radiotexnikanın müasir problemləri” mövzusunda Respublika elmi - texniki konfransının materialları – Bakı: 20-22 oktyabr, - 2021, - s.11-15.

15. Маммадли, Р.Ш. Оптимизация ремедиации водной и воздушной среды, загрязненной полихлорбифенилом, с использованием ультрафиолетового излучения // - М: Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Природообустройство, - 2021. №4, - с. 106-109.

16. Маммадли, Р.Ш., Алиева, А.Дж. Вопросы оптимизации фотокаталитического очищения земельных участков, загрязненных нефтью// - Уфа: Проблемы сбора, подготовки и

транспорта нефти и нефтепродуктов, - 2021. №5 (133), - с. 143-151.

17. Маммадли Р.Ш. Оптимизация процесса очистки почвы загрязненной полихлорированным бифенилом // - Баку: "Известия АНАКА", - 2024. №3 (27) , - с.66-70.

Һəmmüəlliflərlə birgə işlərdə iddiaçının şəxsi fəaliyyəti:

[3, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 17] - müəllifin sərbəst hazırladığı işlər.

[1, 2, 4, 5, 8, 9, 11, 14, 16] - işlərində məsələlərin qoyuluşu, model hesablamalarının aparılması, eksperimental verilənlərin hesablanması, fotokataliz prosesinin realizə alqoritminin işlənilməsi, variasiya optimallaşdırma məsələlərinin həlli, alınmış nəticələrin şərh müəllifə məxsusdur.



Dissertasiyanın müdafiəsi 22 oktyabr 2025-ci il tarixində saat 15⁰⁰ Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Milli Aerokosmik Agentliyi nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.38 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az 1115, Bakı şəhəri, Binəqədi r-nu., 8-ci mkr., S.S.Axundov 1.

Disseratasiya ilə Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Milli Aerokosmik Agentliyinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Respublikası Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Milli Aerokosmik Agentliyinin rəsmi internet saytında www.nasa.az yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 18 sentyabr 2025 - ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir

Çapa imzalanıb: 12.09.2025

Kağızın formatı: A5

Həcmi: 41942

Tiraj: 100