

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
NAXÇIVAN DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

AKADEMİK YUSİF MƏMMƏDƏLİYEVİN
ANADAN OLMASININ 120 İLLİYİNƏ HƏSR
OLUNMUŞ RESPUBLİKA ELMİ KONFRANSININ
MATERİALLARI

*Naxçıvan Dövlət Universitetinin Elmi
Şurasının 29 noyabr 2024-ci il tarixli qərarı ilə
(Protokol № 04) çapa tövsiyə olunmuşdur.*

BAŞ REDAKTOR

Elbrus İSAYEV – *Naxçıvan Dövlət Universitetinin rektoru*

ELMİ REDAKTOR

Elsevər ƏSƏDOV – *Elm və innovasiya məsələləri üzrə prorektor*

REDAKTORLAR

İman CƏFƏROV – *Elmi fəaliyyətin təşkili və təhlili şöbəsinin müdir müavini*

Zamin BABAZADƏ – *Elmi fəaliyyətin təşkili və təhlili şöbəsinin baş mütəxəssisi*

REDAKSİYA HEYƏTİ

Prof. Dr. Sevdə Məmmədəliyeva – Azərbaycan Respublikası Mədəniyyət Nazirliyi, AMEA-nın müxbir üzvü

Prof. Dr. Vaqif Abbasov – Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin akademik Yusif Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun baş direktoru, AMEA-nın həqiqi üzvü

Prof. Dr. Tofiq Əliyev – Naxçıvan Dövlət Universiteti, AMEA-nın müxbir üzvü

Dos. Dr. Əliəddin Abbasov – Naxçıvan Dövlət Universiteti, AMEA-nın müxbir üzvü

Dos. Dr. Bəhrüz Məmmədov – Naxçıvan Dövlət Universiteti

Dos. Dr. Şəmil Mahmudov – Naxçıvan Dövlət Universiteti

Dos. Dr. Qızılı Əliyeva – Naxçıvan Dövlət Universiteti

Dos. Dr. Aliyə Rzayeva – Naxçıvan Dövlət Universiteti

Dos. Dr. Qorxmaz Hüseynov – Naxçıvan Dövlət Universiteti

PhD. Pərvin Quliyev – Naxçıvan Dövlət Universiteti

PhD. Hüseyn İmanov – Naxçıvan Dövlət Universiteti

*Akademik Yusif Məmmədəliyevin anadan olmasının 120 illiyinə həsr olunmuş
Respublika Elmi Konfransının materialları, 27 noyabr 2025, Naxçıvan şəhəri, 277 səh.*

*Bu topluda 27 noyabr 2025-ci il tarixdə Naxçıvan Dövlət Universitetində keçirilmiş
“Akademik Yusif Məmmədəliyevin anadan olmasının 120 illiyi”nə həsr olunmuş
Respublika Elmi Konfransının materialları toplanmışdır. Konfrans materiallarında
kimya elmi ilə yanaşı Ekologiya, Energetika, Materialşünaslıq, İnformasiya texnologiyaları,
Süni intellekt, Tibb və stomatologiya, Təhsil və elm tarixi, Fizika və astronomiya sahələri
üzrə aparılmış tədqiqatlar öz əksini tapmışdır.*

MÜNDƏRİCAT

Tofiq Əliyev, Yaşar Hasanoğlu, Aytac Abbaszadə. Amin turşularının bəzi qarışıq funksiyalı törəmələrinin, 0,1 N HCl məhlulu mühitində C ₁ -20 markalı poladın korroziya prosesinə qarşı inhibitor təsirinin tədqiqi.....	7
Aygün Qocayeva, Əliəddin Abbasov. Gümüşün tiosulfat və civənin(II) xlorid komplekslərinin VP-1AP anionitindən desorbsiyası.....	15
Qorxmaz Hüseynov, Tofiq Əliyev. Hidrokimyəvi metodla NaAsO ₂ –AgNO ₃ –CH ₃ C(S)NH ₂ –H ₂ O sistemində gümüş(I) tioarsenitlərin alınma şəraitinin araşdırılması.....	20
Adil Aslanov. Çətin həll olunan metal sulfidlərin həllolma kriterlərinin termodinamik və kimyəvi təhlili.....	27
Fərəh Abdullayeva, Aliyə Rzayeva. PbIn ₂ Se ₄ sintezi.....	36
Asiya Rzayeva. Xəzər dənizinin biomüxtəlifliyi və ona olan təsirlərin qiymətləndirilməsi.....	40
Ayxan Məmmədli. Yaşıl kimyanın iqtisadi modeli: ekoloji təmiz reaksiyaların sənayelərə tətbiqinin nəzəri əsasları və biznes üstünlükləri....	54
Aynur Rüstəмова, Sevdə Məmmədova. Bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyası: ekoloji və iqtisadi balans.....	58
Cabir Mirzai, Şəhla Nəzərova. Dayanıqlı enerji kontekstində bioenerjinin rolu.....	59
Elman Şirinov, Pərvanə Səfərova. Yeni klatratların sintezi və fiziki-kimyəvi analizi.....	69
Elgiz Mahmudov. Azərbaycan elmi irsinin qorunmasında Yusif Məmmədəliyev ənənələri.....	75
Elmin Nəсібzadə. Süni intellektlə qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin artırılması.....	79
Ətrabə Cəfərova. Tullantısız istehsal və yaşıl kimya yanaşmaları.....	87
Fərid Nəcəfov. Elmi irsdən rəqəmsal gələcəyə: Full - Stack veb texnologiyalarının milli elmi inkişafda rolu.....	93
Gülmirə Məmmədova, Cavid Abbasov. İon mübadilə üsulunda elektrodeionizasiya (EDI) sisteminin tətbiqi.....	98
Gülnarə Qurbanova. Müasir sənayedə yaşıl kimyanın rolu və inkişaf tendensiyaları.....	101
Gültəkin Knyazova. Elmin davamlı dəyərləri: kimya təhsilində akademik Yusif Məmmədəliyev irsinin rolu.....	106
Günəl Əzizova. Akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi irsinin	112

rəqəmsallaşdırılması: bulud texnologiyaları və süni intellekt əsasında intellektual axtarış sistemi.....	
Xatın Məmmədzadə, Aliyə Rzayeva, Bəhrüz Məmmədov, Sevda Əliyeva. Sürmə sulfidi və ondan CuSbS_2 birləşməsinin sintezi.....	117
Qızıllı Əliyeva, Firdovsi Qasimov. Ekoloji kimyanın müasir problemləri və inkişaf istiqamətlərinin tədrisi məsələləri.....	120
Lalə Talıbova. Yusif Məmmədəliyevin irsi Azərbaycan elminin qürur tarixidir.....	125
Lamiyə Əzimova. Ümumtəhsil məktəblərində biokimya anlayışlarının rəqəmsal vasitələrlə tədrisi: şagird təfəkkürünün və rəqəmsal bacarıqların inkişafı.....	130
Leyla Mahmudbəyli. İntellektual informasiya-ölçmə sisteminin tətbiqi ilə maddələrin keyfiyyət xüsusiyyətlərinin təyini.....	133
Leyla Mahmudbəyli. Neftdəki lay suyunun miqdarının təyini metodu və ölçmə qurğusunun hazırlanması.....	136
Mahnur Cəfərli, Nərmin Şahgəldiyeva. Karboksil funksional quruplu ionitin strukturlarının İQS metodu ilə öyrənilməsi.....	141
Məhrüzə Şatirova, Ulduz Cəfərova. 5-(Bisiklo[2.2.1]hept-5-en-2-il)pent-3-in turşularının amid və mürəkkəb efir törəmələrinin sintezi.....	147
Məhrüzə Şatirova, Şəhla Şeydayeva, Gülnur Məmmədova. 4-Metil-6-(alkil(aril))-2-((3-alkil(aril)izoksazol-5-il)metil)-3a,7a-dihidro1H-pirollo[3,4-c]piridin-3(2H)-onların sintezi.....	148
Mələhət Məmmədova, Səfa Abasov, Yeganə İsayeva, Aytən İskəndərova, Arzu İmanova, Turac Süleymanova, F.M.Hüseynov. Səmt qazlarının yüksək oktanlı benzin komponentlərinin alınması prosesinə cəlb edilməsi.....	149
Məmməd Hüseynəliyev, Məryəm Əsgərova. CdTe nanohissəciklərinin elementar tellura transformasiya prosesinin araşdırılması.....	151
Mənzər Əmiraslanova, Rüfət Rüstəmov, Çingiz Rəsulov, Şəhla Əliyeva, Pərvanə İsayeva, Nüşabə Əliyeva, Səidə Əhmədbəyova. P-(1-metiltsikloheksil) fenol əsasında makrotsiklik fenolformaldehid oliqomerinin alınması.....	152
Valeh Cəfərov, Nahidə Əlimirzəyeva, Sevil Bektaş, Mənsurə Rəcəbova, Nigar Kərimova, İlaha Aslanova. Poliolefin qarışığı əsaslı polimer kompozitlər və onların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri.....	154
Nuray Əzimova, Sevda Əliyeva, Günel Məmmədova, Cavidan Dəmirova. Darıdağ sürmə filizindən tiouduzların alınması- Cu_3SbS_4	160
Pərvin Quliyev, Firdovsi Qasimov. O-etilaminin oksidləşməsi.....	164

Pakizə Məmmədova, Fidan Seyidova, Rafiq Quliyev, Nazilə Mahmudova. Biləv alüminium sulfat süxurundan kalium - alüminium sulfatın alınması.....	169
Pari Huseynova. Application of aryl-hydrazones of α -ketoethers in the synthesis of heterocyclic compounds.....	175
Pərviz Allahverdiyev, Nazirə Qənbərova. Yusif Məmmədaliyev yaradıcılığında Azərbaycan gəncliyinin formalaşması.....	180
Ramiz Qasimov. Bədii ədəbiyyatda Yusif Məmmədaliyev obrazı: şəxsiyyətin və elmin qüdrəti.....	182
Samirə Mustafayeva. Yusif Məmmədaliyev irsi əsasında kimya təhsilinin innovativ inkişaf istiqamətləri.....	186
Sara Məmmədova. Ətraf mühitdə kimyəvi tullantıların azaldılması və idarə edilməsi.....	192
Sara Yasinova, Məryəm Əsgərova, Günay Məhərrəмова. Akademik Yusif Məmmədaliyevin sənaye irsinin təhlükəsizliyi üçün nanostrukturlaşdırılmış yarımkeçirici qaz sensorlarının fiziki əsasları.....	199
Sevda Əliyeva, Aliye Rzayeva, Nuray Əzimova, Cansu Nəbiyeva, Nurcan Vəlizadə, Aysun Hüseynli, Günay İsmayılova. Yerli xammaldan gümüş tiostibatın alınması və tətbiq sahəsinin araşdırılması.....	204
Sevil Cəfərova. Torpaq və hava kimyasının çirklənməsi: ekosistemlərə təsir və tədbirlər.....	208
Seymur Süleymanov, Sahibə Nəsirova. Yusif Məmmədaliyev irsinin tədrisdə rolu.....	214
Səbinə Zeynalova. Bərpa olunan enerji mənbələrinin dayanıqlı inkişafda rolu və perspektivləri.....	221
Mübariz Mənəfov, Sənəm Xəlilova, Gülmirə İsmayılova, Səbinə Salahova. ASPE və PVX qarışığı əsasında modifikasiya edilərək doldurulmuş polimer kompozisiyası.....	228
Sürayə Ağayeva, Şəhla Tağıyeva, Ülviyyə Kərimova-Cəfərova, Sevinc Hacıadə, Zülfiyyə İsmailova, Tünzalə Ağayeva. W/KN-4/Al ₂ O ₃ kompozit katalizatorun iştirakı ilə katalitik krekinq qazlarının dehidrotsiklooligomerləşməsi.....	232
Şahmurad Rüstəmov. Yusif Məmmədaliyevin kataliz nəzəriyyəsinin müasir neft kimyasında tətbiqləri.....	234
Ülviyyə Poladova. 2000-2025-ci illərdə müşahidə edilən 70 kometin parlaqlıq əyriləri.....	239

Vəfa Əliyeva, Hüseyn İmanov. Hidrotermal metodla gümüş qatqılı nano-TiO ₂ -nin sintezi zamanı alınan V-1 nümunəsinin xassələrinin tədqiqi.....	244
Salehə Ramazanova, Əliəddin Abbasov. Cr ³⁺ və Bi ³⁺ ionlarının xelatəmələgətirici sorbentlərlə sorbsiyası.....	251
Zabitə Hüseynova. Müasir restorativ stomatologiyada nanohibrid kompozitlərin və keramika materiallarının klinik və mexaniki xüsusiyyətləri.....	260
Zəhra Məmmədova. Enerji dayanıqlığının təminində bərpa olunan yanacaq mənbələri və yeni nəsil bioyanacaqlar.....	270

AMİN TURŞULARININ BƏZİ QARIŞIQ FUNKSİYALI TÖRƏMƏLƏRİNİN, 0,1 N HCl MƏHLULU MÜHİTİNDƏ C₊-20 MARKALI POLADIN KORROZIYA PROSESİNƏ QARŞI İNHİBİTOR TƏSİRİNİN TƏDQIQI

TOFİQ ƏLİYEV¹

tofig_aliyev@yahoo.com

TC.Ağrı İbrahim Çeçen Universiteti

YAŞAR HASANOĞLU²

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Təbii

Ehtiyatlar İnstitutu

AYTAC ABBASZADƏ

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Polyarizasiya ayrılarının çəkilməsi (PƏÇ) və Elektrokimyəvi impedans Spektroskopiyası (EİS) üsullarının köməyi ilə amin karbon turşularının bəzi qarışıq funksiyalı törəmələrinin 0,1 N HCl məhlulu mühitində C₊-20 markalı poladın korroziya prosesinə qarşı inhibitor təsiri tədqiqi edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq edilən maddələrin hamısında baxılan aqressiv sistemdə bu və ya digər dərəcədə inhibitor təsirinə malikdirlər. Birləşmənin quruluşu və tərkibi-mühafizə effekti asılılığı ilə bağlı mövcud qanunauyğunluqlar aşkar edilmişdir. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, C₊-20 markalı poladın korroziya və elektrokimyəvi xarakteristikaları C₊-3 markalı poladın korroziya və elektrokimyəvi xarakteristikalarına çox yaxındır.

Açar sözlər: korroziya prosesi, korroziya sürəti polyarizasiya ayriləri, Elektrokimyəvi impedans spektroskopiya, korroziya inhibitorları

Giriş

Korroziya tədqiqatları ilə məşğul olan əksər mütəxəssislərin fikrincə bu arzuolunmaz prosesə qarşı mövcud mübarizə üsulları içərisində inhibitorların tətbiqinə əsaslanan üsul daha sadə, iqtisadi cəhətdən daha əlverişli üsuldur. Belə ki, bu üsuldən istifadə etdikdə mövcud texnoloji qurğuda heç bir dəyişiklik aparmağa ehtiyac olmur. Bunun üçün korroziya baxımından aqressiv sistemə az miqdarda inhibitor təsirinə malik olan maddə və ya maddələr qarışığının əlavə edilməsi korroziya prosesinin sürətinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına, bəzən isə tam dayanmasına səbəb olur [1-9]. Bununla belə qeyd etmək lazımdır ki, korroziya prosesləri çoxlu sayda amillərdən asılı olduğundan onlardan hər hansı birinin və ya bir neçəsinin dəyişməsi baxılan sistemdə inhibitor təsirinə malik olan maddənin başqa sistemdə və ya sistemlərdə təsirsiz, bəzən isə hətta stimulyator təsirinə də malik ola bilər. Məhz elə buna görə də bugünədək edilmiş çoxsaylı təşəbbüslərə baxmayaraq universal təsirə malik inhibitorların tapılması mümkün olmamışdır [1-9]. Bu səbəbdən də hər bir aqressiv sistemdə bu və ya digər maddənin baxılan metal və ya ərintiyə qarşı inhibitor təsirinə malik olub-olmaması konkret təcrübələrə əsasən, müəyyən edilə bilər. Əvvəllər tərəfimizdən amin karbon turşularının bəzi qarışıq funksiyalı törəmələri müxtəlif aqressiv sistemlərdə, o cümlədən 0,1 N HCl məhlulu mühitində C₊-3 markalı poladın korroziya prosesinə qarşı inhibitor təsiri tədqiq edilmişdir. Təqdim edilən məqalə həmin birləşmələrin bəzilərinin eyni aqressiv sistemdə 2 müxtəlif elektrokimyəvi üsulla C₊-20 markalı poladın korroziya prosesinə qarşı inhibitor təsirinin tədqiqinə həsr edilmişdir.

Tədqiq edilmiş birləşmələrin adı və kimyəvi formaları:

I. AL-MAMKT-nın (Alifatik monoamino monokarbon turşularının) nümayəndələri:

- Qlisin $\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
- Alanin $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
- Leysin $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2(\text{NH}_2)\text{-COOH}$

II. AL-MADKT-nın (Alifatik monoamino dikarbon turşularının) nümayəndələri:

- Asparqin turşusu $\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$
- Qlutamin turşusu $\text{HOOC-(CH}_2)_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$

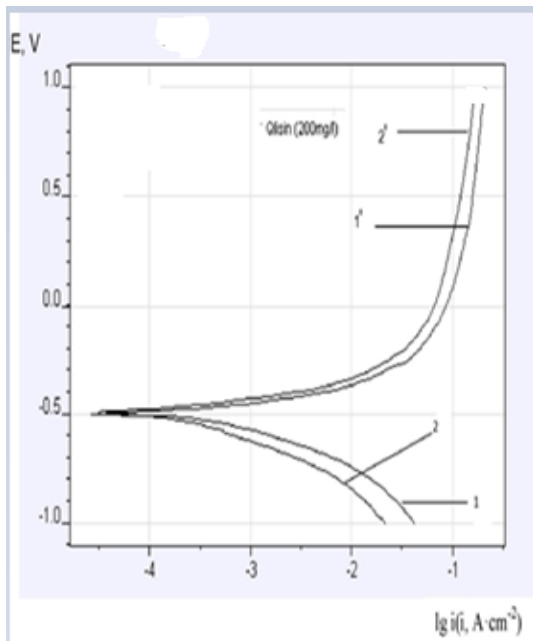
III. AL-DAMKT-nın (Alifatik diamino monokarbon turşularının) nümayəndəsi:

- Arqinin $\text{H}_2\text{N-C(=NH)-NH-(CH}_2)_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$

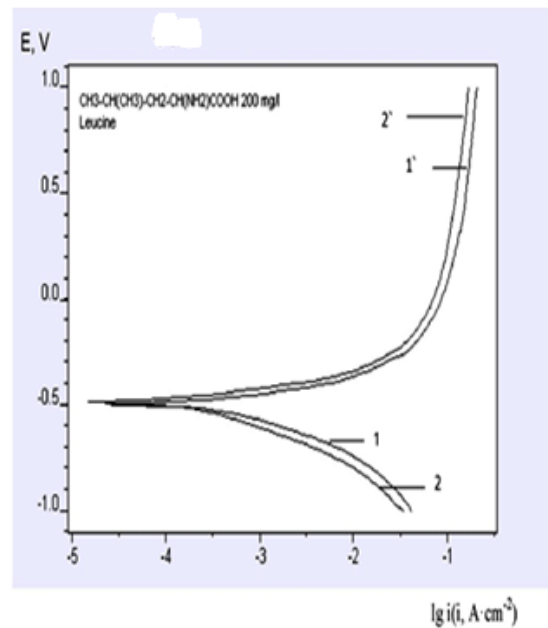
Təcrübələrin nəticələri və onların təhlili

Polyarizasiya ayrılarının çəkilməsi (PƏÇ) üsulu ilə əldə edilmiş katod və anod polyarizasiya ayriləri şəkil 1-5-də verilmişdir. Onların kompüterdə xüsusi "GPES" proqramı ilə işlənməsindən alınmış korroziya və elektrokimyəvi parametrlər isə cədvəl 1-də verilmişdir.

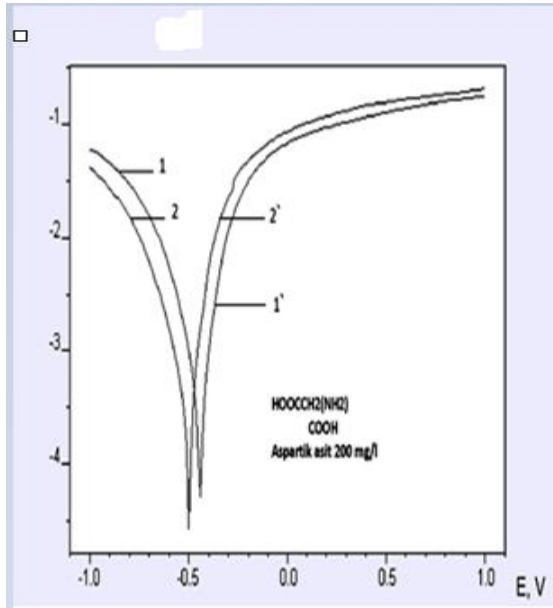
PƏÇ üsulu ilə əldə edilmiş katod və anod polyarizasiya ayriləri



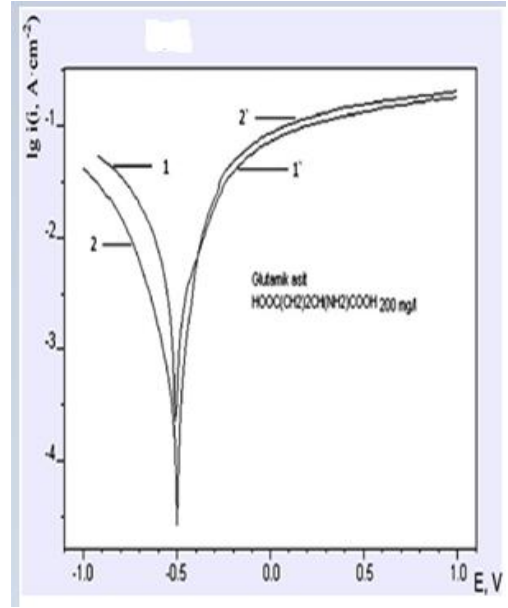
Şəkil 1. 0,1 N HCl məhlulu mühitində
C_T-20 markalı poladın katod (1,2) və
anod (1',2') polyarizasiya ayriləri
1,1'-inhibitorsuz 2,2'-200mq.l⁻¹
Qlisinin iştirakında



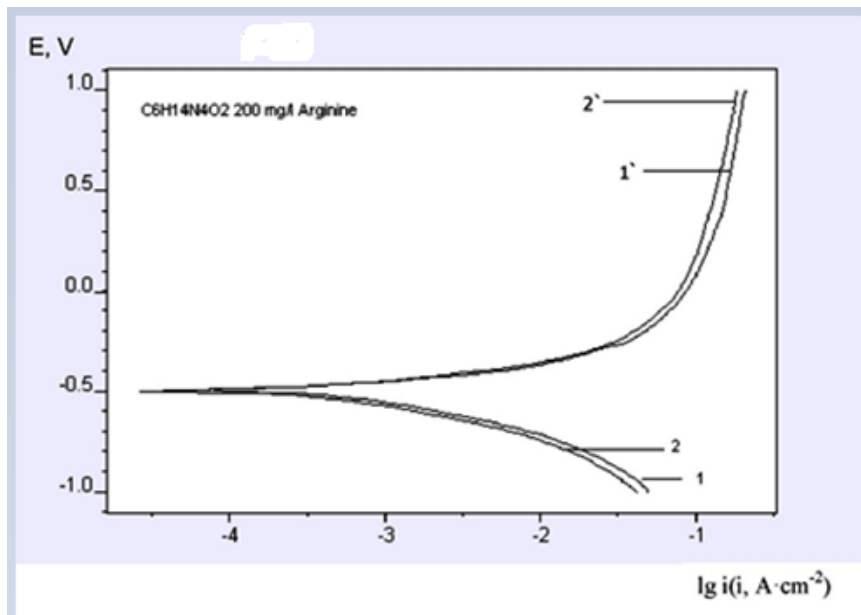
Şəkil 2. 0,1 N HCl məhlulu mühitində
C_T-20 markalı poladın katod (1,2) və
anod (1',2') polyarizasiya ayriləri.
1,1'-inhibitorsuz ; 2,2'-200mq. l⁻¹
Leysin iştirakında



Şəkil 3. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T-20 markalı poladın katod (1,2) və anod (1',2') polyarizasiya ayriləri. 1,1'-inhibitorsuz ; 2,2'-200mq.l⁻¹ Asparqin turşusunun iştirakında



Şəkil 4. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T-20 markalı poladın katod (1,2) və anod (1',2') polyarizasiya ayriləri. 1,1'-inhibitorsuz ; 2,2'-200mq.l⁻¹ Qlutamin turşusunun iştirakında



Şəkil 5. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T-20 markalı poladın katod (1,2) və anod (1',2') polyarizasiya ayriləri. 1,1'-inhibitorsuz ; 2,2'-200mq.l⁻¹ Leysininin iştirakında

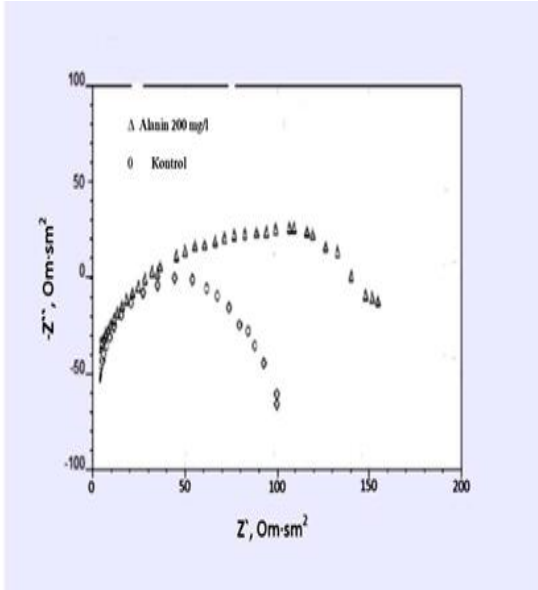
Cədvəl 1.

AKT və AKTT-nin bəzi nümayəndələrinin iştirakında (200mq.l^{-1}) və iştirakı olmadan $0,1\text{ N HCl}$ məhlulu mühitində C_T-20 markalı polad üzərində çəkilmiş polyarizasiya əyrilərinin kompüterdə xüsusi "GPES" proqramı ilə işlənməsindən alınmış korroziya və elektrokimyəvi parametrlər

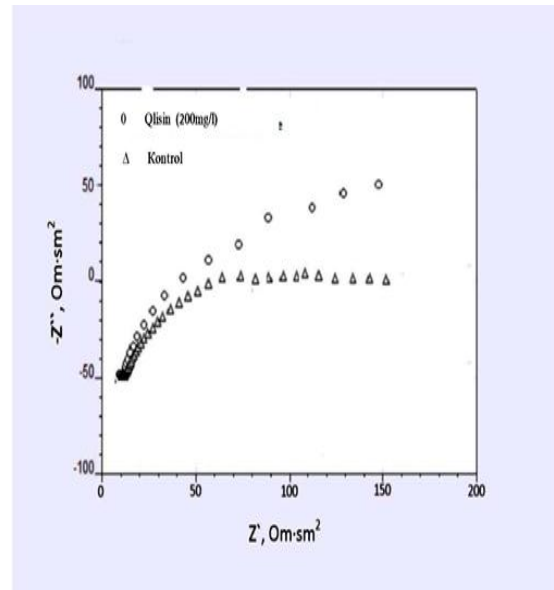
İnhibitor Ингибитор Inhibitors	E_{kor} В (V)	R_p Ом	V_a В (V)	V_c В (V)	$i_{kor} \cdot 10^{-4}$ A.cm ⁻²	Скорость коррозии, мм.год ⁻¹	η_p , %
İnhibitorsuz Без ингибиторов Withour inhibitors	-0,49	62,06	0,115	0,086	3,325	6,83	-
Qlisin Глицин	-0,50	106,59	0,126	0,065	1,873	3,79	43,68
Leysin Лейцин	-0,49	144,92	0,135	0,063	1,625	3,43	51,12
Asparginat turşusu Аспаргино вая кислота	-0,49	142,00	0,121	0,081	1,734	3,55	47,85
Glutamin turşusu Глутами- новая кислоты	-0,50	142,04	0,126	0,085	1,729	3,50	48,00
Arqinin Аргинин	-0,50	146,15	0,134	0,086	1,591	3,44	52,14

İstər şəkillərdəki əyrilərdən (şəkil 1-5), istərsə də onların təhlilindən alınmış rəqəmlərdən (cədvəl 1) görünür ki, tədqiq edilən birləşmələrin hamısı baxılan aqressiv sistemdə C_T-20 markalı paladin korroziya prosesinə qarşı bu və ya digər dərəcədə inhibitor təsirinə malikdirlər. Göründüyü kimi həmin birləşmələrin təsirindən korroziya potensialının (E_{kor}) qiyməti müəyyən qədər mənfiyə doğru sürüşür ki, bu da həmin birləşmələrin katod prosesini ləngitdiyini və onların katod inhibitorların qrupuna daxil etməyə əsas verir. Elektrokimyəvi impedans spektroskopiyaya (EİS) üsulu ilə əldə edilmiş Naykvist diaqramları şəkil 6-11-də verilmişdir. Onların kompüterdə "FRA" proqramı ilə emalında alınmış korroziya və elektrokimyəvi parametrlər isə cədvəl 2-də verilmişdir.

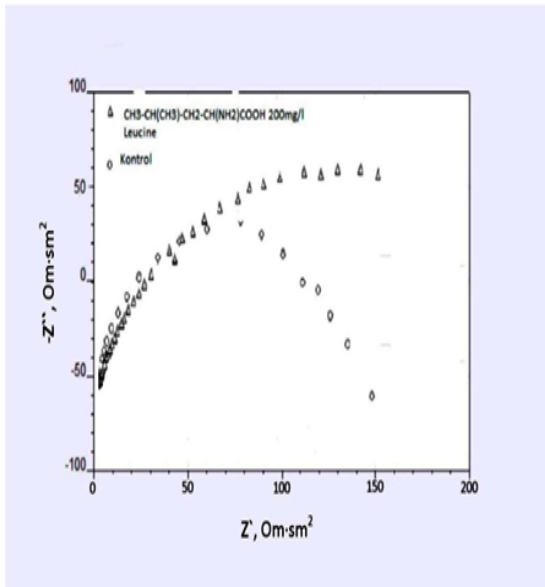
EİS üsulu ilə əldə edilmiş Nykvist diaqramları



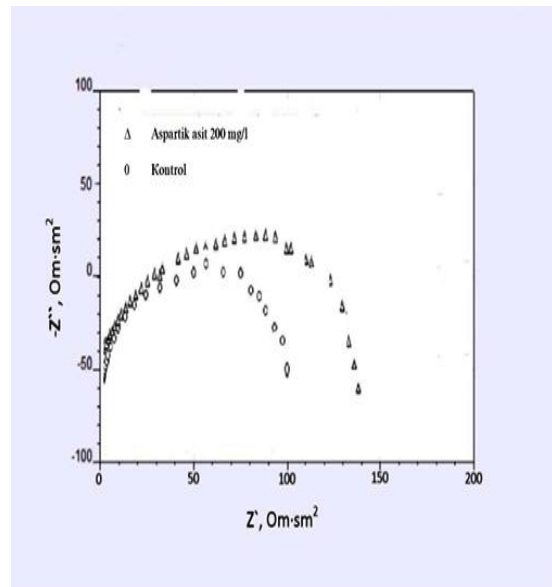
Şəkil 6. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T -20 markalı polad üçün Nykvist diaqramı Δ –inhibitorsuz, 0-Qlisinin iştirakında (200mg.l^{-1})



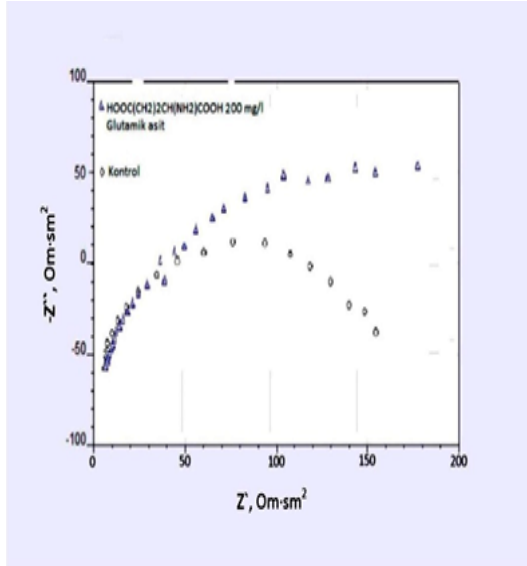
Şəkil 7. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T -20 markalı polad üçün Nykvist diaqramı 0 –inhibitorsuz, Δ -Alanin iştirakında (200mg.l^{-1})



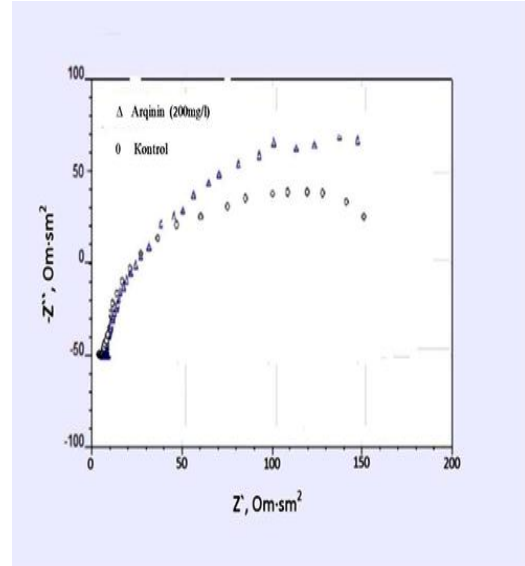
Şəkil 8. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T -20 markalı polad üçün Nykvist diaqramı 0 –inhibitorsuz, Δ -Leysinin iştirakında (200mg.l^{-1})



Şəkil 9. 0,1 N HCl məhlulu mühitində C_T -20 markalı polad üçün Nykvist diaqramı 0 –inhibitorsuz, Δ -Asparqin turşusu iştirakında (200mg.l^{-1})



Şəkil 10. 0,1 N HCl məhlulu mühitində CT-20 markalı polad üçün Nykvist diaqramı 0 –inhibitorsuz, Δ-Quotamin turşusunun iştirakında (200mq.l⁻¹)



Şəkil 11. 0,1 N HCl məhlulu mühitində CT-20 markalı polad üçün Nykvist diaqramı 0 –inhibitorsuz, Δ-Arginin iştirakında (200mq.l⁻¹)

Cədvəl 2.

AKT və AKTT-nin bəzi nümayəndələrinin iştirakında (200mq.l⁻¹) və iştirakı olmadan 0,1 N HCl məhlulu müritində CT-20markalı polad üzərində çəkilmiş Nykvist diaqramlarının kompüterdə xüsusi "FRA" proqramı ilə e malından alınmış korroziya və elektrokimyəvi parametrlər.

İnhibitor Ингибитор Inhibitor	R_c Om,OM,Ohm,	$C_{dl} \cdot 10^{-4}$, F,Ф,F	η_c , %
inhibitorsuz Без добавки Without inhibitors	178	4,22	-
Qlisin Глицин Gly	393,4	1,51	64,22
Alanin Аланин Ala	389,5	1,51	64,22
Leysin Лейцин Leu	396,9	1,30	69,19
Asporgin turşusu Аспаргиновая К-та Asp	396,9	1,33	68,59
Qlutamin turşusu Глутаминовая К-та Glu	397	1,31	68,96
Arginin Аргинин Arg	402,3	0,98	76,78

Göründüyü kimi bu halda da alınmış nəticələr birinci üsulda alınmış nəticələri təsdiq edir, yəni bu ayrılardan (Naykivist diaqramlarından) və onların xüsusi proqramla işlənməsindən alınmış rəqəmlər də tədqiq edilən birləşmələrin baxılan aqressiv sistemdə Cı-20 markalı poladın korroziyasına qarşı inhibitor təsirinə malik olduğunu göstərir. Onların təsirindən polyarizasiya müqavimətinin (R_p), tutum müqavimətinin (R_c) qiymətləri böyüyür, korroziya cərəyanının sıxlığı (iki) və ikiqat elektirik təbəqəsinin elektirik tutumunun (C) qiymətləri isə azalır. Həmçinin görünür ki, katod polyarizasiya əyrisinin meyili (b_k) ilə yanaşı anod polyarizasiya əyrisinin meyli (b_a) da müəyyən qədər böyüyür. Bu fakt tədqiq edilən birləşmələrin qarışıq inhibitor təsirinə malik olduğunu göstərir. Eyni qatılıqlarda ayrı-ayrı maddələrə aid rəqəmlərin müqayisəsi onların effektivliklərinə görə aşağıdakı ardıcılıqla yerləşdiyini göstərir:

Arqinin > Leysin > Qlutamin turşusu >
Asparqin turşusu > Alanin > Qlisin

Nəticələr

PƏÇ və EİS üsullarının köməkliyi ilə AKT-nin və AKTT-nin 0,1 N HCl turşusu mühitində Cı-20 markalı poladın korroziya prosesinə qarşı inhibitor təsiri tədqiq edilmiş və müəyyən edilmişdir ki, həmin birləşmələr göstərilən aqressiv sistemdə bu və ya digər dərəcədə inhibitor təsirinə malikdirlər.

Aşkar edilmişdir ki, tədqiq edilən birləşmələrin bəzilərinin təsirindən E_{kor} -nın qiyməti müəyyən qədər mənfəyə doğru sürüşür, b_a, R_p, R_c -nin qiymətləri böyüyür, i_{kor} və c_{dl} qiymətləri isə azalır. Göstərilmişdir ki, bu inhibitorlar, qarışıq inhibitorlar qrupuna aid edilə bilər.

Hər iki tədqiqat üsulunun köməkliyi ilə müəyyən edilmişdir ki, tədqiq edilən birləşmələr effektivliklərinə görə aşağıdakı ardıcılıqla yerləşirlər:

Arqinin > Leysin > Qutamin turşusu > Asparqin turşusu > Alanin > Qlisin

ƏDƏBİYYAT

1. Алцабеева, А.И., Левина С.З. Ингибиторы коррозии металлов (справочник). Ленинград: Химия, 1968, 264 с.
2. Girit, N. Korozyon inhibitörleri // TMH (Türkiye Mühendislik haberleri. 2003, Sayı 426, 4, s.139-141
3. Zeren, M. Korozyon ve korozyondan koruma. Ankara, MEB, 2011, 238 s.
4. Алиев, Т.А. Физико-химическое изучение процесса ингибирования стали от коррозии некоторыми производными фенола в двухфазных системе углеводород-электролит. Дисс... канд. хим. наук. Баку. ИНФХ АН Азерб. ССР, 1988, 177 с.
5. Брегман, Дж. Ингибиторы коррозии. М.-Л.: Химия, 1966, 312 с.
6. Иванов, Е.С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах (справочник). Москва, Металлургия, 1996, 175 с.
7. Рашетников, С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. Ленинград: Химия, 1986, 144 с.

8. Розенфельд, И.Л. Ингибиторы коррозии. Москва: Химия, 1977, 352 с.
9. Семенова, И.В., Флорионович, Г.М., Хорошилов, А.В. Коррозия и защита от коррозии. Москва: Физматлит. 2006, 376 с.

SUMMARY

T.A.Aliyev, Y.M.Hasanoglu, A.X. Abbaszadeh

STUDY OF THE INHIBITORY EFFECT OF SOME MIXED FUNCTIONAL DERIVATIVES OF AMINO ACIDS ON THE CORROSION PROCESS OF Ct-20 STEEL IN 0.1 N HCl SOLUTION.

The inhibitory effect of some mixed-functional derivatives of amino carboxylic acids on the corrosion process of Ct-20 steel in 0.1 N HCl solution was studied using the methods of drawing polarization curves (PCC) and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). It was found that all of the studied substances have an inhibitory effect to one degree or another in the considered aggressive system. The existing regularities in the dependence of the structure and composition of the compound on the protective effect were revealed. It was also determined that the corrosion and electrochemical characteristics of steel grade Ct-20 are very close to the corrosion and electrochemical characteristics of steel grade Ct-3.

Keywords: corrosion process, corrosion rate polarization curves, Electrochemical impedance spectroscopy, corrosion inhibitors
Keywords: corrosion process, polarization curves, corrosion rate, electrochemical impedance spectroscopy, corrosion inhibitors

РЕЗЮМЕ

Т.А.Алиев, Я.М.Гасаноглу, А.Х. Аббасзаде

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ СМЕШАННЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ НА ПРОЦЕСС КОРРОЗИИ СТАЛИ СТ-20 В 0,1 Н РАСТВОРЕ HCl.

Методами снятия поляризационных кривых (ПКР) и электрохимической импедансной спектроскопии (ЭИС) изучено ингибирующее действие некоторых смешанно-функциональных производных аминокислот на процесс коррозии стали марки Ст-20 в 0,1 н растворе HCl. Установлено, что все исследованные вещества в той или иной степени оказывают ингибирующее действие в рассматриваемой агрессивной системе. Выявлены существующие закономерности в зависимости структуры и состава соединения от защитного эффекта. Также установлено, что коррозионные и электрохимические характеристики стали марки Ст-20 весьма близки к коррозионным и электрохимическим характеристикам стали марки Ст-3.

Ключевые слова: коррозионный процесс, поляризационные кривые скорости коррозии, электрохимическая импедансная спектроскопия, ингибиторы коррозии.

GÜMÜŞÜN TİOSULFAT VƏ CİVƏNİN(II) XLORİD KOMPLEKSLƏRİNİN VP-1AP ANİONİTİNDƏN DESORBSİYASI

AYGÜN QOCAYEVA¹

aygungoja@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-5136-5217>

ƏLİƏDDİN ABBASOV²

<https://orcid.org/0009-0004-2085-6209>

^{1,2}Naxçıvan Dövlət Universiteti,

Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

2-metil-5-vinilpiridin funksional qruplu qüvvətli əsasi özəllikli VP-1 AP anioniti ilə gümüşün tiosulfat, civənin isə halogenid kompleksləri ilə işlənmiş örnəklərinin desorbsiya şəraiti və regenerasiyası öyrənilmişdir. Desorbentlər qismində xlorid, nitrat, perxlorat turşularının fərqli qatılıqlı və 5%NaCl+5% tiomoqevina məhlullarından istifadə olunmuş, 8%-li perxlorat turşusunun son dərəcə əlverişli desorbent (regenerant) olduğu müəyyən edilmişdir. Desorbsiya ayrılmasının görünüşü, ön və arxa cəbhələrin vəziyyətinə əsasən, desorbsiyanın xarakteri haqda fikir yürüdülmüşdür. Eyni zamanda desorbsiyanın kinetikasi öyrənilmiş, ədəbiyyatdan məlum olan formulla prosesin kinetikasi incələnmişdir. Statik, kinetik və desorbsiyadan alınan parametrlərə əsasən öyrənilən anionitin çox yüksək sorbsiya tutumu və nisbətən rahat desorbsiya olunma yetənəyinə görə onun effektivliyi göstərilmişdir. Eyni zamanda anionitin çoxsaylı eksperimentlərdə özünü neçə aparacağı məqsədilə onun sorbsiya-desorbsiya tsiklində işləməsi yoxlanmış və qənaətbəxş sonuclar alınmışdır.

Açar sözlər: desorbsiya, civə tetraxlorid və gümüş-tiosulfat kompleksləri, desorbsiya ayrılari, desorbsiyanın kinetikasi

Giriş

Məlumdur ki, istənilən sorbentin yüksək regenerasiya dərəcəsini təmin edən və onun sorbsiya-desorbsiya tsiklində uzun müddət işləyə bilməsinə mənfi təsir göstərməyən elyuentlər daha effektiv və əlverişli hesab edirlər. Regenerasiya dərəcəsi əhəmiyyətli şəkildə desorbsiya olunan komponentin sıçrayış qatılığını təyin etməklə bərabər, eyni zamanda sanitariya normaların da tələblərinə uyğun olaraq 0,95-0,96-dan az olmamalıdır. Bu araşdırmada qarşıya qoyulan tapşırığın həllini bir tərəfdən hər iki element birləşmələrinin məhdud həllolma yetənəkləri, eləcə də paralel reduksiya proseslərinin baş vermə ehtimalı ($\text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{Hg}^0$, Ag^+ ionlarının işıq təsirindən $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}^0$ çevrilmələri), digər tərəfdən reduksiya məhsullarının özəlliklə zəhərli formaya transformasiya oluna bilmə ehtimalı de sorbsiya proseslərini xeyli mürəkkəbləşdirir.

Eksperimental hissə

Desorbsiya məqsədilə məhdud çərçivədə reagentlər cəlb etməklə qarşıya qoyulan problemin həllinə cəhd edilmişdir. Bu məsələyə həsr olunmuş ədəbiyyat materiallarının toplanması və təhlili göstərir ki, proses praktik olaraq öyrənilməmişdir. Bu problemin həllinə yönəlik bir neçə iş empirik özəlliyi ilə fərqlənməklə, elyuent seçimində də əsaslandırılmış arqumentin olmaması da diqqəti çəkir. Eyni zamanda elyuatdan hər iki ionun regenerasiyası və ya desorbsiyadan sonra alınan məhlulların sonrakı istifadəsi ilə bağlı hansısa fikir yürüdülmür. Əlverişli elyuentlər kimi qatı xlorid turşusu (20-30%),

natrium sulfid, 5%-li natrium yodid məhlulunda 5%-li tiomoçevinanın adı çəkilir. Fikrimizcə, natriumun sulfid və yodid duzlarının bu məqsədlə istifadə olunması lazımınca əsaslandırılmayıb. Çünki bu reagentlər zəhərli maddələrdir və hər ikisi üçün qatılığın yol verilən maksimal həddi 0,005mq/l səviyyəsindədir.

Aparadığımız təcrübələrdə elyuent qismində xlorid, nitrat və perxlorat turşularından istifadə edilmiş, eksperimentlər statik şəraitdə elyuentlərin artığı ilə 24 saat ərzində gerçəkləşdirilmişdir. Xlorid turşusu ilə aparılan təcrübələrdə elyuentin 10%-li məhlulu ilə civə kompleksinin desorbsiya dərəcəsi 29%, 20%-li məhlulla 56%, 35%-li məhlulla 95%, 12 və 30%-li nitrat turşusu ilə 97%, 5% tiomoçevina və 5% NaCl qarışığı ilə 48,5% olduğu halda, 8%-li perxlorat turşusundan desorbsiya dərəcəsi 98,5%-ə çatır. Eyni şərtlər daxilində gümüşün tiosulfat kompleksinin desorbsiya dərəcələri uyğun olaraq 27,6; 31,0; 95,0; 99,5; 43,6; 99,4% olmuşdur. 35%-li xlorid turşusu ilə desorbsiya zamanı yüksək sonuc alınsa da, tüstülənən bu qatılıqlı turşu ilə həтта sorucu şkaft altında işləmək belə çox zərərli və insan sağlamlığı üçün təhlükəli olduğundan bu variantdan imtina etmək məqsədəuyğun olardı. Göstərilən məlumatlara əsaslanaraq iddia etmək olar ki, 8%-li perxlorat turşu su hər iki kompleksin ionit fazasından çıxarılmasında effektiv vasitədir.

Elyuatda civənin miqdarı Ruppə görə sulfarsazenlə spektrofotometrik və yodimetrik yöntemlə, gümüşün miqdarı isə nitrat turşulu məhlullarda KJ-in standart məhlulundan yararlanmaqla potensiometrik titrləmə ilə rəqəmli OR-211/1 markalı laboratoriya pH-metrindən yararlanmaqla təyin edilmişlər. Anionitlə udulan metal ionlarının miqdarı onların ilkin və sorbsiyadan sonrakı qatılıqları arasındakı fərqə görə hesablanmışdır [1, 2].

Praktikada desorbsiya aparılarkən adətən elyuent çox aşağı sürətlə kolonkadan bura xılır (10-40 V kol/saat). Elyuentin axın sürətinin artması ilə onun miqdarı da təbii ki, artır. Bu zaman nə desorbsiyanın keyfiyyətinin yaxşılaşmasına, nə də zamana qənaət etməyə nail olmaq olmur. Elyuentin qatılığı artarkən iondəyişmə tarazlığının yerdəyişməsi hesabına desorbsiyanın sürəti də yüksəlir. Digər tərəfdən, elyuentin yüksək qatılığı ionitin sıxılmasına səbəb olur ki, (bu amil çoxsaylı təcrübələrdə təsdiq olunmuşdur) sonucda sorbent matrisasında diffuziya əmsalının qiyməti aşağı düşür və bununla bağlı olaraq desorbsiya sürəti də azalır. Bu istiqamətdə həm də elyuentin qatılığının artması ilə məhlulun özlülüyünün yüksəlməsini də nəzərdən qaçıрмаq olmaz. Desorbent kimi turşulardan istifadə edildikdə, tam desorbsiya üçün tələb olunan turşunun miqdarı anionun təbiətindən ciddi şəkildə asılı olmaqla, adətən anion yükünün artması ilə artır.

Bu istiqamətdə toplanan təcrübəni nəzərə almaqla, hər iki sorbentin gümüş və civənin anion komplekslərinin 8%-li perxlorat turşusu ilə desorbsiya rejimini araşdırmaq məqsədilə 0,5-1,0 ml/dəq aralığında axın sürətini dəyişməklə (5V, 7,5V, 10V/saat) perxlorat turşusunun rolu araşdırılmışdır (kolonkada sorbentin kütləsi 2, 5 qram, kolonkanın həcmi 10 ml, doyma dərəcəsi 0,09-0,15 kimi dəyərləndirilmişdir). Alınan sonuclar göstərir ki, desorbsiyanın səmərəliliyi gümüş və civənin uyğun komplekslərinin özəlliyindən və əsas etibarilə desorbentin kolonkadan buraxılan axın sürətindən, başqa sözlə sorbentlə turşunun təmas müddətindən asılıdır. Eksperimentin sonucları $C_t = \varphi(V_{ml})$ kimi qrafikləşdirilmiş, məruzə zamanı təqdim ediləcəyi nəzərdə tutulur.

Desorbsiya ayrıləri də sorbsiyanın çıxış ayrıləri kimi oxşar qaydada nəzəri cəhətdən izah oluna bilər. Sorbsiya izotermələrinin xarici görünüşünün desorbsiya ayrıləri cəbhəsinin itiliyinə təsiri ədəbiyyatda qeyd olunmuş [3], sorbsiya qabarıq izotermə ilə ifadə olunduqda

desorbsiya ayrısının qabarıq tərəfinin kəskin sıçrayışla, arxa tərəfinin isə nisbətən xeyli yayılmış mənzərə ilə sərgiləndiyi qeyd olunur. Sorbsiya xətti izoterm ilə ifadə olunduqda isə desorbsiya ayrısının tərəfləri praktik olaraq simmetrik təsir bağışlayırlar. Araşdırdığımız halda anionit cəvə halogenid kompleksi ilə az doyurulduğundan (civənin belə komplekslərinin axıntı sularından sorbsiyası modeli), praktik olaraq simmetrik desorbsiya ayrıləri alınır. Lakin 0,85-dən yuxarı desorbsiya dərəcəsiindən sonra ayrılərin arxa cəbhəsinin yayılmasını desorbsiya olunan ionların diffuziya əmsallarının azalması ilə izah etmək olar. Bu zaman desorbsiya dərəcəsinin yüksəlməsilə sorbent məsamələrində komplekslərin qatılıqları artır.

Amberlite GT 73 ilə tutuşdurulduqda gümüş və civə komplekslərinə qarşı hissediləcək yüksək sorbsiya göstəriciləri ilə fərqlənən VP-1AP desorbsiya olunmaq istəyinə görə də Amberlite GT 73 xeyli üstələyir. 80, 90, 99%-lik desorbsiyaya nail olmaq üçün tələb olunan zaman Amberlite GT 73-ə görə VP-1 AP-də 1,5 dəfə azdır. Praktik hallarda desorbsiya müddətinin aşağı olması və birinci növbədə desorben tin təsirindən iondəyişdiricinin dağılmaya məruz qalmaması son dərəcə önəmlidir. VP-1 AP ilə müşahidə edilən sürətli desorbsiya piridin azotu ilə hər iki kompleks-ionun nisbətən zəif ilişgi ilə birləşməsi faktı ilə izah etmək olar. Desorbsiyanın sürəti də bu ilişkinin hansı halda daha qüvvətli olduğunu ortaya qoyur. Desorbsiyanın kinetik ayrılərinin hesablanması $C_i^{des} = \varphi(t)$ koordinatlarında Y.A.Leykinin təklif etdiyi proqram üzrə aparılmışdır [4]:

$$C_i = K \cdot P_{gerçək}^2 (\dot{I} - F_i) \cdot F_i / U,$$

Bu formulada:

$$F_i = \dot{I} / \dot{I}_{exp} [(t_{max} - t_i) \cdot K \cdot C_{elyuent}];$$

K – kimyəvi reaksiyanın dəyişmə sabiti;

$P_{gerçək}$ – sorbentin tutumu, mol/l;

F_i – i nöqtəsində desorbsiya dərəcəsi;

U – desorbentin kolonkadan buraxılan həcmi axın sürəti, ml/dəq;

$t_{max} - C_{max}^{reg}$ çıxış anı üçün tələb olunan zaman, dəq;

t_i – i nöqtəsinə uyğun desorbsiya dərəcəsi üçün tələb olunan zaman, dəq.;

$C_{elyuent}$ – elyuentin molyar qatılığı, mol/l.

Hesablamanın sonucları cədvəldə verilmişdir,

Cədvəl

Gümüş tiosulfat və civə xlorid kompleksləri ilə yüklənmiş
VP-1 AP anionitindən komplekslərin desorbsiya parametrləri

Sorbent	P 10 ⁵ mol/ kol	K	C _{max} üçün pikin yaranma müddəti, dəq	C _{max} mol/	Təcrübədən alınan F	Fi üçün regenerasiya müddəti, dəq		
						0.8	0.9	0.99
VP-1AP-Hg [HgCl ₄] ²⁻	3.55	0.228	52.5	0.0115	0.96	60.6	65.7	79.9
VP1AP[Ag(S ₂ O ₃) ₂] ³⁻	4.26	0.164	77.5	0.0099	0.91	88.2	94.3	112

Təklif edilən modelintəcrübədən alınanlara müəyyən desorbsiya dərəcəsinə qədər uyğunluğu fərqli axın sürətlərində bütün əyri boyunca hesablama aparmaqla yoxlanmış, desorbsiya dərəcəsinin 0,8 qiymətlərinə qədər hesablamların sonuclarının eksperiment məlumatlarına uyğunluğu təklif edilən modelin öyrəndiyimiz prosesləri adekvat yazma bilməsi gerçəyini ortaya qoyur. Gözəl insan, böyük alim Yuri Aleksandroviç LEYKİNƏ dərin ehtiram və sayğılarla!

Axın sürətinin civənin xlorid kompleksi ilə qismən doydurulmuş (0,4 mq/q) sorbentə təsiri öyrəni lərkən, müəyyən edilmişdir ki, öyrənilən sürət aralığında desorbsiya sürətinin yüksəlməsilə desorbsiya əyrilərinin piklərinin hündürlüklərinin azalması və əyrilərin arxa cəbhələrinin (əyrinin sağ hissəsi) kəskin yayılması baş verir ki, bu da öz növbəsində turşu sərfinin artmasına və desorbsiya dərəcəsinin azalmasına gətirib çıxarır. Turşunun minimal sərfi (6-8 kol) və 98-99%-lik desorbsiya dərəcəsində müəyyən edilmiş optimal sürət 5 kol/saat-dan yüksək olmur. Desorbsiyanın çıxış əyrilərinin piklərinin maksimumları praktik olaraq dəyişmirlər. Bu isə istehsalat üçün ionitlərin regenerasiya rejiminin seçilməsində və etibarlı sonuca zəmanət verilməsində mühüm moment hesab edilir.

İonitlərin yararlılığını ifadə edən vacib göstəricilərdən biri, onların desorbsiya proseslərində məruz qaldıqları turşu, qələvi və oksidləşdiricilərə qarşı davamlı olub-olmamalarındadır. İonitlərin kimyəvi davamlılıqları adətən tam dəyişmə tutumunun (TDT) sorbentin məhlulla təmasından sonrakı dəyişməsi ilə dəyərləndirilir və hesablama

$$\Omega = (TDT_{\text{son}} / TDT_{\text{ilk}}) \cdot 100\%$$
 formulu üzrə hesablanır.

Anionitin hər iki kompleksin sorbsiyasından sonrakı yuyulması onun müəyyən dərəcədə deforma siyası ilə sonucları. Desorbsiyadan sonra elyuatda yaranan rəng-azacıq da olsa qırmızımtıl rəngin alınması anionitin ya makromolekulunda, ya da piridin halqasında dağılma ilə ola bilər. Adətən tərkibin də piridin saxlayan ionitlərin qələvi, turşu və oksidləşdiricilərə qarşı ciddi davamlı olmamaları ədəbiyyatdan məlumdur [5]. Anionit VP-1 AP bizim üçün yeni və nisbətən az öyrənilən ionit olduğundan, onun sorbsiya-desorbsiya tsikllərində özünü necə aparması 10 təcrübədə yoxlanmışdır. Hər iki kompleksə görə ionitin 10 tsikldən sonra tam dəyişmə tutumunun 6,8% azalmasını laboratoriya təcrübələri üçün qanəddici hesab etmək mümkün olsa da, xeyli dərəcədə cod sənaye obyektlərindən bu komplekslərin də sorbsiyası üçün, yəqin ki, qanəddici hesab etmək məqsəduyğun olmaz.

Bu anionitlə aparılan statik, kinetik, dinamik və desorbsiya ilə bağlı kompleks araşdırmalar texnoloji və istehsalat məqsədləri üçün bu anionitdən istifadə onun əlverişli olduğunu təsdiq edir. Buna səbəb anionitin hər iki element-ionlarına qarşı yüksək sorbsiya və desorbsiya özəlliyini təmin edən funksional qrupunun strukturu, kimyəvi, nisbətən yüksək mexaniki davamlılığı, yüksək seçiciliyi və yaxşı göstəriciləridir.

Sonuclar

1. 2-metil-5-vinil piridin funksional qruplu qüvvətli əsasi özəllikli VP-1 AP anionitinin gümüş və civənin uyğun olaraq tiosulfat və xlorid kompleksləri ilə işlənmiş nümunələri müxtəlif qatılıqlı xlorid, nitrat, perxlorat turşuları və 5%-li tiomoçevina+5%-li NaCl qarışığı ilə regenerasiya şəraiti öyrənilmiş, 8%-li perxlorat turşusunun çox effektiv desorbent olduğu müəyyən edilmişdir.

2. Desorbsiya ayrılərinə görə onların əvvəlcədən necə desorbsiya olunacaqları haqda ümumi fikir bildirilmiş, desorbsiyanın sonucları ilə anionitin cıvə kompleksinə daha seçici olduđu müəyyənələşdirilmiş və hesablamalarla təsdiq edilmişdir.

3. Desorbsiya proseslərini ifadə edən riyazi formuldan yararlanmaqla desorbsiyanın kinetikasi öy rənilmiş, konkret desorbsiya dərəcələrinə görə təcrübədən alınan və nəzəri hesablanan parametrlərin uyğunluğu təsdiq edilmişdir.

4. Sorbsiya-desorbsiya tsikllərində ionitin proseslərə davamlılığı yoxlanmış, laboratoriya araşdır malarında sorbentin işlədilə biləcəyi göstərilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ионнообменные методы очистки веществ: Учебное пособие/ Под.ред.Г.А.Чикина, О.Н.Мягкого. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. 372 с.
2. Коростелев, П.П. Фотометрический и комплексометрический анализ в металлургии. М.:Металлургия, 1984.272 с.
3. Лейкин, Ю.А. Основные принципы создания природоохранных сорбционных процессов: Сборник научных трудов МХТИ. Т.20, М.: 1990, с. 8-16
4. Марченко, З.Фотометрическое определение элементов. М.:Мир, 1971. 503 с.
5. Сенявин, М.М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ.- М.:Химия, 1980. 272 с.

HİDROKİMYƏVİ METODLA $\text{NaAsO}_2\text{--AgNO}_3\text{--CH}_3\text{C(S)NH}_2\text{--H}_2\text{O}$ SİSTEMİNDƏ GÜMÜŞ(I) TİOARSENİTLƏRİN ALINMA ŞƏRAİTİNİN ARAŞDIRILMASI

QORXMAZ HÜSEYNOV¹

huseynli72@list.ru

<https://orcid.org/0009-0008-2352-6976>

TOFIQ ƏLİYEV²

tofig_aliyev@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0007-5375-5860>

^{1,2}Naxçıvan Dövlət Universiteti, Təbii Ehtiyatlar İnstitutu, Azərbaycan

XÜLASƏ

Hidrokimyəvi metodla $\text{NaAsO}_2\text{--AgNO}_3\text{--CH}_3\text{C(S)NH}_2\text{--H}_2\text{O}$ sistemində baş verən fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri araşdırılmış, AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 tərkibli birləşmələrin alınma şəraiti öyrənilmişdir. Bu birləşmələrin hidrokimyəvi sintezində ilkin komponent olaraq gümüş(I) nitrat (AgNO_3), natrium metarsenit (NaAsO_2) məhlullarından və sulfidləşdirici reagent kimi isə tioasetamid ($\text{CH}_3\text{C(S)NH}_2$) məhlulundan istifadə edilmişdir. Alınmış AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələrinin fərdiliyi RFA metodu ilə təsdiqlənmişdir. AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələrinin termogravimetrik (TQ) analizi aparılmış, birləşmələrin stexiometrik tərkibləri dəqiqləşdirilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, AgAsS_2 birləşməsinin kristal qəfəs parametrləri: f.qr.: $R\bar{3}$, $a = 13.78 \text{ \AA}$, $c = 9.12 \text{ \AA}$ -dir, temperaturdan asılı olaraq Ag_3AsS_3 birləşməsi həm rombik (f.qr.: $R3c$, $a = 10.825$, $c = 8.704$), həm də monoklin sinqoniyada (f.qr.: $C2/c$, $a=12.00$, $b=6.26$, $c=17.08$, $\beta=110^\circ$) kristallaşır. DTA əyrisinə əsasən, AgAsS_2 birləşməsinin polimorf çevrilmə temperaturu 317°C , ərimə temperaturu 416°C -dir. Bu birləşmə 501°C -də $3\text{AgAsS}_2 \rightarrow \text{Ag}_3\text{AsS}_3 + \text{As}_2\text{S}_3$ reaksiyası üzrə parçalanır. Ag_3AsS_3 birləşməsinin DTA əyrisində 487 və 191°C -dəki endotermik effektlər ərimə və polimorf çevrilmə temperaturlarına uyğundur. SEM analizindən müəyyən olmuşdur ki, AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələrinin hissəciklərin ölçüləri $110\text{--}160 \text{ nm}$ arasında dəyişir. 170°C -də termiki emal edilmiş birləşmələrin hissəciklərinin ölçüsü $890\text{--}900 \text{ nm}$ olur.

Açar sözlər: hidrokimyəvi metod, çöküntü, termogravimetrik analiz, kristal qəfəs, nanohissəcik, endotermik effekt

Giriş

Arsenin gümüşlə əmələ gətirdiyi üçlü halkogenidləri əsasən elementlər komponentlərdən birbaşa sintez metodu ilə alınmışdır (1). Ədəbiyyat materiallarının analizində məlum olmuşdur ki, gümüşün müxtəlif tərkibli tioarsenitlərinin məhluldan alınması haqda məlumatlar çox azdır. Birbaşa sintez metodu ilə alınmış birləşmələrin və aralıq fazaların bəzi fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq edilmişdir (5, 6). Məlum olmuşdur ki, Ag--As--S sistemində termodinamiki davamlı iki birləşmə – AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələri alınır. Bu birləşmələr yarımkeçirici materiallar olub, funksional materiallar sırasına daxildir (6).

Bir sıra işlərdə (7, 8) AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələri solvotermal, həmçinin su və etilenqlikol mühitlərində alınması şəraiti tədqiq edilmiş, kristallaşma şəraiti araşdırılmışdır. (7) işində Ag_3AsS_3 birləşməsinin termiki analizi aparılmış, optik və elektrik xassələri tədqiq edilmişdir.

Ədəbiyyat materiallarının analizindən məlum olmuşdur ki, hidrokimyəvi və hidrotermal metodla üçlü halkogenidlərin alınması və xassələrinin tədqiqi haqqında məlumatlar azdır.

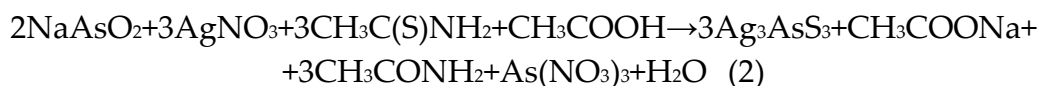
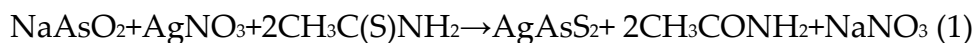
İşdə məqsəd gümüş tioarsenitlərin su mühitində natrium metarsenit və gümüş nitratın qarışığına tioasetamidə təsir etməklə sintezi üsullarını işləmək, alınan birləşmələrin fərdiliyini və mikromorfologiyasını öyrənmək olmuşdur.

1. Material və metodlar

$\text{NaAsO}_2\text{--AgNO}_3\text{--CH}_3\text{C(S)NH}_2\text{--H}_2\text{O}$ sistemində hidrokimyəvi metodla tədqiqat aparmaq üçün ilkin reaktiv olaraq gümüş nitrat, natrium metaarsenit və tioasetamidin suda məhlullarından istifadə olunmuşdur.

Reaksiyanın gedişi zamanı AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələrinin stexiometrik tərkiblərinə uyğun olaraq AgNO_3 və NaAsO_2 (0.05 M qatılıqlı) məhlulları qarışdırılmış və üzərinə sulfidləşdirici reagent kimi tioasetamid (0.1 M qatılıqlı) məhlulu əlavə edilmişdir. Bu zaman qara rəngli çöküntülər əmələ gəlir və zəif turş mühitdə pH-nın dəyişməsi tarazlığın pozulduğunu göstərir. Alınan çöküntülər şüşə süzgəcdən süzülüb, sulfid ionları qurtarana qədər distillə suyu ilə, sonra isə etil spirti ilə yuyulmuş və 353 K temperaturda qurudulmuşdur.

AgAsS_2 birləşməsini çökdürdükdən sonra süzüntü kimyəvi analiz edilmiş və Ag^+ və As^{3+} ionlarının olmadığı müəyyən edilmişdir. Ag_3AsS_3 birləşməsinin sintezindən sonra süzüntüdə Ag^+ ionları olmur, lakin As^{3+} ionuna rast gəlinir. Bu isə sistemdə bir birləşmənin (Ag_3AsS_3) alınma ehtimalının olduğunu göstərir. Sintez edilmiş nümunələrin vəsfi analizinin nəticələri göstərdi ki, birləşmələrin tərkibində Ag^+ , As^{3+} və S^{2-} ionlarının hər üçü vardır. Bu da prosesin aşağıda göstərilən reaksiya tənlikləri üzrə getdiyini göstərir:



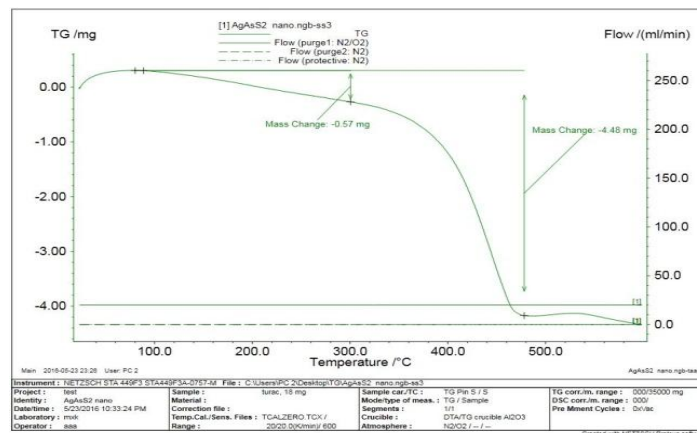
Prosesin gedişində müşahidə olunan dəyişikliklərin (məhlulda pH-ın dəyişməsi, çöküntünün rənginin dəyişməsi) müşahidəsi, həmçinin RFA nəticələri reaksiyaların yazılan tənliklər üzrə getməsinin doğru olduğunu təsdiq etmişdir. Reaksiyaların gedişi zamanı baş verən çevrilmə proseslərinə təsir edən amillər yoxlanılmış və optimal şərait müəyyən edilmişdir. Birləşmələrin əmələ gəlməsinə hidrogen ionlarının qatılığının təsiri öyrənilmişdir.

(1) və (2) reaksiya tənliklərinə uyğun olaraq NaAsO_2 -nin müəyyən miqdarının üzərinə ekvivalent miqdarda AgNO_3 məhlulu əlavə edilmiş və 25-30 °C temperaturda bir neçə dəqiqə maqnit qarışdırıcıda qarışdırılmışdır. Sonra qarışığın üzərinə tioasetamid məhlulu əlavə olunaraq su hamamında 70-100°C temperaturda 45 dəq. müddətində saxlanılmışdır. Prosesin əvvəlində sirkə turşusu əlavə olunduğu üçün məhlulun pH-ı 4.0-4.5 həddində olur. Çöküntü məhluldan ayrıldıqdan sonra süzülüb, yuyulmuş və hər iki nümunədən alınan süzüntüdə arsen təyin edilmişdir. Nəticələrdən məlum olmuşdur ki, mühitin pH-nı 4-5 intervalında saxlamaq daha məqsədə uyğundur. Birləşmələrin əmələ gəlməsinə temperaturun və vaxtın təsiri öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, temperatur artdıqda (100°C) birləşmələrin çökməsi sürətlə baş verir və nümunələr yaxşı formalaşaraq məhluldan asanlıqla ayrılır.

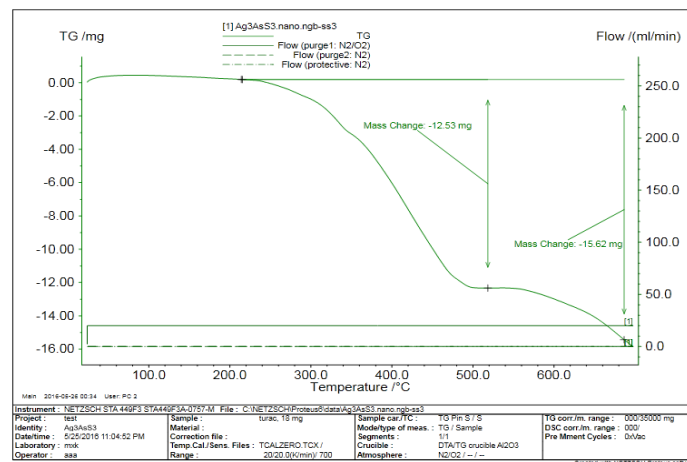
Nəticələr

Alınan çöküntülərin tərkibi termoqravimetrik analiz (TQ) metodu (cihaz NETZSCH STA 449F3) ilə tədqiq edilmişdir (şək. 1, 2). TQ analiz nəticələrinə əsasən, 480°C-də kütləsi 18 mq olan AgAsS_2 nümunəsini hava axınında (O_2 , N_2 və s.) qızdırdıqda kütlə itkisi 4.48 mq olur (şək. 1). Bu kütlə itkisi kükürdün uyğundur. 13.52 mq qalıq isə gümüş və arsenin miqdarına ($7.87 \text{ mq Ag} + 5.47 \text{ mq As} = 13.34 \text{ mq}$) uyğundur. Qrafikdəki nəticələrə görə, gümüş, arsen və kükürdün kütlə nisbətiləri faizlə 44.33:30.77:24.89 təşkil edir. Alınan nəticələr birləşmənin AgAsS_2 formuluna uyğun gəldiyini göstərir.

TQ əyrisinə əsasən Ag_3AsS_3 birləşməsini 700°C-ə qədər qızdırdıqda (18 mq nümunədə) kütlə itkisi 15.62 mq olmuşdur (şək. 2). Bu kütlə itkisi (15.62 mq) gümüş və kükürdün nəzəri hesablanmış qiymətlərinə uyğundur. Analizin nəticələri Ag_3AsS_3 birləşməsinin stexiometrik tərkibi onun ümumi formuluna uyğundur.

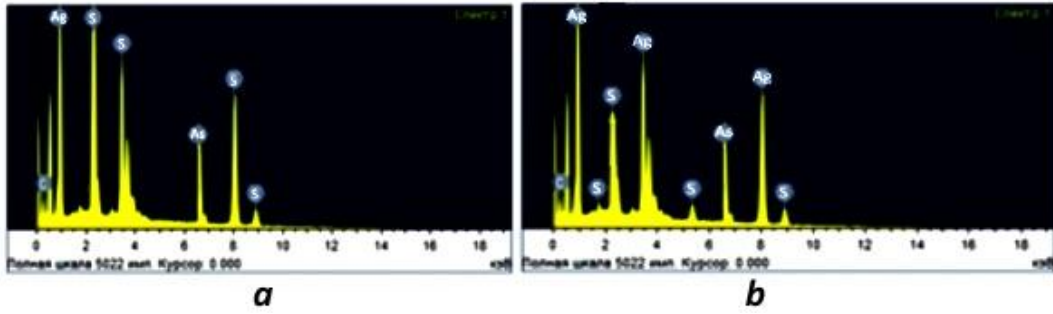


Şəkil 1. AgAsS_2 birləşməsinin TQ əyrisi



Şəkil 2. Ag_3AsS_3 birləşməsinin TQ əyrisi

Birləşmələrin sadə formullarını dəqiq təyin etmək üçün sintez olunmuş birləşmələrin element tərkibi (Launch Trion XL dilution refrigerator – OXFORD cihazında) analiz edilmişdir. Nəticələr şəkil 3 və cədvəl 1-də verilmişdir.



Şəkil 3. AgAsS₂ (a) və Ag₃AsS₃ (b) birləşmələrinin enerji-dispers spektri

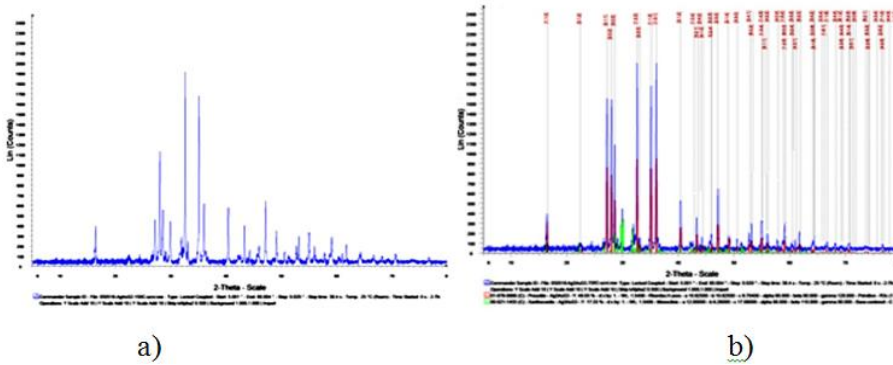
Cədvəl 1

AgAsS₂ və Ag₃AsS₃ birləşmələrinin element analizi

Elementlər	AgAsS ₂		Ag ₃ AsS ₃	
	Kütlə, %	Atom, %	Kütlə, %	Atom, %
Ag	43.72	24.99	65.45	42.86
As	30.36	24.98	15.15	14.29
S	25.91	50.03	19.39	42.85
Nəticə	99.99	100.0	99.99	100.0

Cədvəldə verilmiş element analizinin nəticələri AgAsS₂ və Ag₃AsS₃ birləşmələrinin stexiometrik tərkibini təsdiqləyir.

Birləşmələrin fərdiliyi RFA metodu (cihaz 2D PHASER "Bruker", CuK_α, 2θ, 20-80 dər.) ilə təsdiq edilmişdir. RFA nəticələri şəkl. 4-də göstərilmişdir. Difraksiya xətlərinin intensivlikləri, kristal qəfəs parametrləri və bu birləşmələrin etalon qiymətləri ilə yaxşı uyğun gəlir.



Şəkil 4. AgAsS₂ (a) və Ag₃AsS₃ (b) birləşmələrinin difraktoqramı

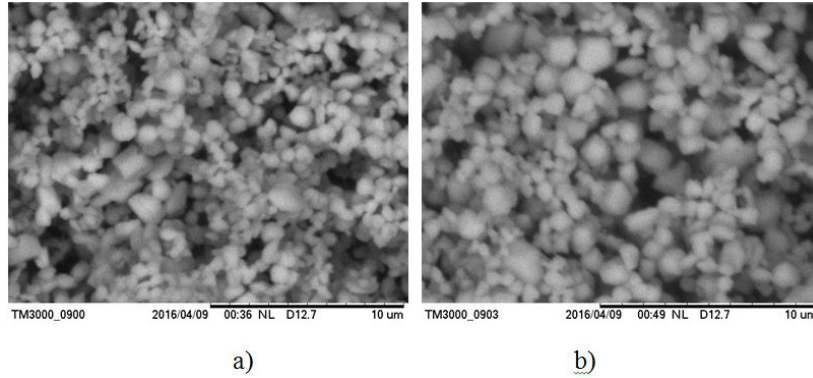
RFA nəticələrinə görə AgAsS₂ birləşməsinin kristal qəfəs parametrləri: f.qr.: $R\bar{3}$, $a = 13.78 \text{ \AA}$, $c = 9.12 \text{ \AA}$. Müəyyən edilmişdir ki, temperaturdan asılı olaraq Ag₃AsS₃ birləşməsi həm rombik (f.qr.: R3c, $a = 10.825$, $c = 8.704$), həm də monoklin sinqoniyada (f.qr.: C2/c, $a=12.00$, $b=6.26$, $c=17.08$, $\beta=110^\circ$) kristallaşır.

Sintez zamanı alınan AgAsS₂ və Ag₃AsS₃ birləşmələrin mikromorfologiyasını öyrənmək üçün mikroquruluş analizi (cihaz HITACHI TM3000 markalı skanedici elektron mikroskopu) aparılmışdır. Şüşə altlıq üzərində çəkilmiş nümunələrin SEM analizindən müəyyən olmuşdur ki, nano- və mikrohissəciklərin ölçüləri və forması temperaturdan asılı

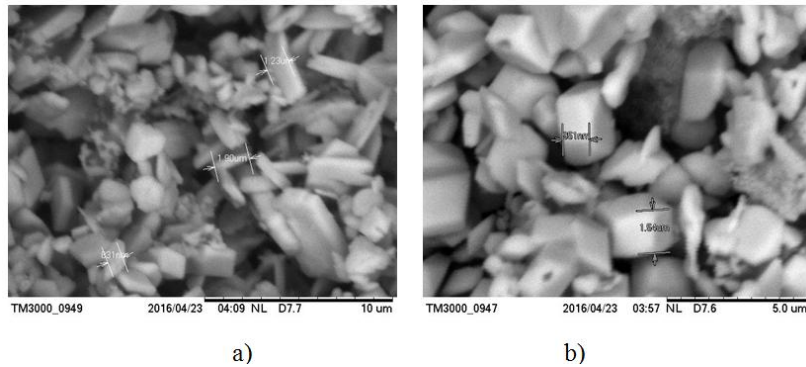
olaraq dəyişir (şək. 4). 100°C-də alınmış hissəciklərin diametri 110-160 nm arasında dəyişir. 170°C-də termiki emal edilmiş birləşmələrin hissəciklərinin ölçüsü 890-900 nm olub, kubik və rombşəkilli laylara bənzəyir (şək. 5).

DTA ilə birləşmələrin polimorf çevrilmə və ərimə temperaturları tədqiq edilmişdir. DTA əyrisinə əsasən, 317°C-dəki endotermik effekt AgAsS_2 birləşməsinin polimorf çevrilməsinə, 416 °C-dəki endotermik effekt isə ərimə temperaturuna uyğun gəlir (şək. 7 a). Bu birləşmə 501°C-də $3\text{AgAsS}_2 \rightarrow \text{Ag}_3\text{AsS}_3 + \text{As}_2\text{S}_3$ reaksiyası üzrə parçalanır.

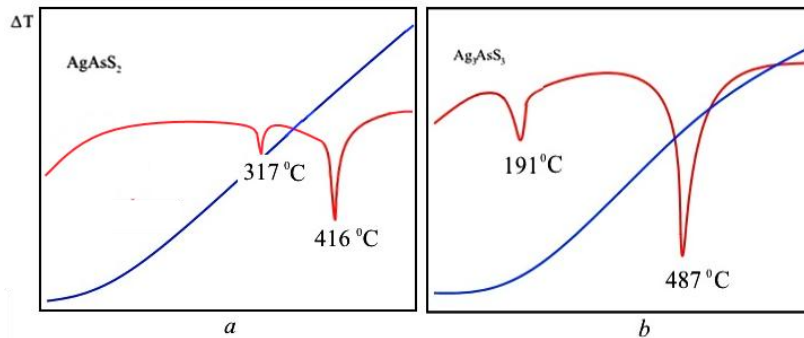
Ag_3AsS_3 birləşməsinin DTA əyrisində 487 və 191°C-dəki endotermik effektlər ərimə və polimorf çevrilmə temperaturlarına uyğundur (şək. 7 b).



Şəkil 5. 100°C-də alınmış AgAsS_2 (a) və Ag_3AsS_3 (b) birləşmələrinin SEM şəkilləri



Şəkil 6. 170°C-də alınmış AgAsS_2 (a) və Ag_3AsS_3 (b) SEM şəkilləri



Şəkil 7. AgAsS_2 (a) və Ag_3AsS_3 (b) birləşmələrinin DTA əyriləri

Otaq temperaturunda AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələrinin müxtəlif qatılıqlı qələvi və turşu məhlullarında həll olması öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, birləşmələr NH_4OH -ın qatı məhlulunda, KOH və NaOH məhlullarında qismən həll olur. Birləşmələr qatı H_2SO_4 və HNO_3 ilə parçalanır, digər mineral turşulara qarşı isə qismən davamlıdır.

Müzakirə

Müəyyən edilmişdir ki, $\text{NaAsO}_2\text{--AgNO}_3\text{--CH}_3\text{C(S)NH}_2\text{--H}_2\text{O}$ sistemində ilkin komponentlərin $\text{NaAsO}_2\text{:AgNO}_3\text{:CH}_3\text{C(S)NH}_2=1\text{:1:2}$ və $\text{NaAsO}_2\text{:AgNO}_3\text{:CH}_3\text{C(S)NH}_2\text{:CH}_3\text{COOH}=2\text{:3:3:1}$ mol nisbətlərində qarışıqından müvafiq olaraq AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələri alınır. RFA metodu ilə müəyyən edilmişdir ki, digər mol nisbətlərində alınan çöküntülərin tərkibində AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələri ilə yanaşı As_2S_3 , Ag_2S və S fazaları müşahidə olunur. Temperatur artdıqda hissəciklər arasında adgeziya artdığı üçün onların ölçüsü artır. Birləşmələrin nanoölçülü hissəciklər 25-30°C temperatur aralığında müşahidə edilmişdir. Tədqiqat zamanı nanoquruluşların formalaşdırılması üçün digər kompleks-əmələgətiricilərdən istifadə olunması zərurəti yaranmışdır. Güman edirik ki, bir neçə funksional qrupu olan kompleksəmələgətiricilərdən istifadə edilərsə, daha kiçik ölçülü nanoquruluşlar almaq mümkündür. Nanoquruluşların fiziki-kimyəvi xassələri monokristalların xassələrindən kəskin fərqləndiyi üçün onlarda yeni effektlər müşahidə olunur (2-4). Ona görə də hidrokimyəvi metodla digər üçlü halkogenidlərin alınmasını perspektivli hesab etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Kawamoto, Y., Nagura N., Tsuchibashi S. Properties of Ag-containing sulfide glasses // J. Amer. Ceram. Soc., 1973, v.56, No 5, p.p. 289-290
2. Kristin, A., Simon A. High-temperature phase transitions, dielectric relaxation, and ionic mobility of proustite, Ag_3AsS_3 and pyrargyrite, Ag_3SbS_3 // J. Appl. Phys., 2002, v.92, No 12, p.p.7415-7424. DOI: 10.1063/1.1520720
3. Maruno, S., Noda, U., Yamada, T. Glass formation and thermal analysis in the arsenic-sulfur-silver system // Yogyo Kyokshi Shi, 1973, v.81, p.p. 445-450
4. Zlokazov, V., Kabelev, L., Karpachev, S. The Electroconductivity of the Ag_3AsS_3 proustite under 260-760 K temperature // Dokl. AN SSSR, 1983, v.268, No 6, p.p. 1380-1384
5. Виноградова, Г.З. Стеклообразование и фазовые равновесия в халькогенидных системах. М.: Наука, 1984, 176 с.
6. Гусейнов, Г.М. Кристаллизация соединений AgAsS_2 и Ag_3AsS_3 в среде этиленгликоля / IX Межд. научная конф.: Кинетика и механизм кристаллизация. Иванова, Россия, 2016, с. 88
7. Гусейнов, Г.М. Синтез наноразмерных теоарсенитов меди (I) сольвотермальным методом / III Всероссийская молодежная конф.: Успехи химической физики. Черноголовка, 2016, с.170.
8. Гусейнов, Г.М., Сулейманова, Т.И. Получение соединений AgAsS_2 и Ag_3AsS_3 гидротермальным методом // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2017, № 3 (2), с.228-231

SUMMARY

Gorkhmaz Huseynov, Tofiq Aliyev

The nature of the physicochemical interaction occurring in the $\text{NaAsO}_2\text{--AgNO}_3\text{--CH}_3\text{C(S)NH}_2\text{--H}_2\text{O}$ system was investigated by the hydrochemical method, and the conditions for obtaining compounds containing AgAsS_2 and Ag_3AsS_3 were studied. In the hydrochemical synthesis of these compounds,

silver(I) nitrate (AgNO_3), sodium metarsenite (NaAsO_2) solutions were used as the initial components, and thioacetamide ($\text{CH}_3\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$) solution was used as the sulfidizing reagent. The individuality of the obtained AgAsS_2 and Ag_3AsS_3 compounds was confirmed by the RFA method. Thermogravimetric (TG) analysis of AgAsS_2 and Ag_3AsS_3 compounds was carried out, and the stoichiometric compositions of the compounds were clarified. It was determined that the crystal lattice parameters of the AgAsS_2 compound are: f.q.r.: R, $a = 13.78 \text{ \AA}$, $c = 9.12 \text{ \AA}$, depending on the temperature, the Ag_3AsS_3 compound crystallizes in both rhombic (P.gr.: $R3c$, $a = 10.825$, $c = 8.704 \text{ \AA}$) and monoclinic syngony (P.gr.: $C2/c$, $a=12.00$, $b=6.26 \text{ \AA}$, $c=17.08$, $\beta=110^\circ$). According to the DTA curve, the polymorph transformation temperature of the AgAsS_2 compound is 317°C , and the melting temperature is 416°C . This compound decomposes at 501°C according to the reaction $3\text{AgAsS}_2 \rightarrow \text{Ag}_3\text{AsS}_3 + \text{As}_2\text{S}_3$. In the DTA curve of the Ag_3AsS_3 compound, the endothermic effects at 487 and 191°C correspond to the melting and polymorphic transformation temperatures. SEM analysis revealed that the particle sizes of the AgAsS_2 and Ag_3AsS_3 compounds vary between 110 – 160 nm . The particle size of the compounds thermally treated at 170°C is 890 – 900 nm .

Keywords: hydrochemical method, precipitation, thermogravimetric analysis, crystal lattice, nanoparticle, endothermic effect.

РЕЗЮМЕ

Горхмаз Гусейнов, Тофиг Алиев

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ТИОАРСЕНИТОВ СЕРЕБРА(I) В СИСТЕМЕ NaAsO_2 – AgNO_3 – $\text{CH}_3\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$ – H_2O ГИДРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Гидрохимическим методом исследована природа физико-химического взаимодействия, протекающего в системе NaAsO_2 – AgNO_3 – $\text{CH}_3\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$ – H_2O и изучены условия получения соединений AgAsS_2 и Ag_3AsS_3 . При гидрохимическом синтезе этих соединений в качестве исходных компонентов использовались растворы нитрата серебра(I) (AgNO_3), метарсенита натрия (NaAsO_2), а в качестве сульфидирующего реагента – раствор тиоацетамида ($\text{CH}_3\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$). Методом РФА подтверждена индивидуальность полученных соединений AgAsS_2 и Ag_3AsS_3 . Проведен термогравиметрический (ТГ) анализ соединений AgAsS_2 и Ag_3AsS_3 , уточнен стехиометрический состав соединений. Установлено, что параметры кристаллической решетки соединения AgAsS_2 составляют: П.гр.: R, $a = 13,78 \text{ \AA}$, $c = 9,12 \text{ \AA}$, в зависимости от температуры соединение Ag_3AsS_3 кристаллизуется как в ромбической (П.гр.: $R3c$, $a = 10,825$, $c = 8,704 \text{ \AA}$), так и в моноклинной сингонии (П.гр.: $C2/c$, $a = 12,00$, $b = 6,26$, $c = 17,08 \text{ \AA}$, $\beta = 110^\circ$). Согласно кривой ДТА, температура полиморфного превращения соединения AgAsS_2 составляет 317°C , а температура плавления 416°C . Это соединение разлагается при 501°C по реакции $3\text{AgAsS}_2 \rightarrow \text{Ag}_3\text{AsS}_3 + \text{As}_2\text{S}_3$. На кривой ДТА соединения Ag_3AsS_3 эндотермические эффекты при 487 и 191°C соответствуют температурам плавления и полиморфного превращения. Анализ методом СЭМ показал, что размеры частиц соединений AgAsS_2 и Ag_3AsS_3 варьируются в пределах 110 – 160 нм . Размер частиц соединений, термически обработанных при 170°C , составляет 890 – 900 нм .

Ключевые слова: гидрохимический метод, осаждение, термогравиметрический анализ, кристаллическая решетка, наночастица, эндотермический эффект.

ÇƏTİN HƏLL OLUNAN METAL SULFİDLƏRİN HƏLLOLMA KRİTERLƏRİNİN TERMODİNAMİK VƏ KİMYƏVİ TƏHLİLİ

ADİL ASLANOV

adil.aslanov@mdu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0003-1225-8300>

Mingəçevir Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Bu məqalədə çətin həll olunan metal sulfidlərin (ZnS, CuS, PbS, HgS və b.) həllolma proseslərinin termodinamik və kimyəvi xüsusiyyətləri nəzəri baxımdan araşdırılmışdır. Tədqiqatın məqsədi müxtəlif metal sulfidlərin həllolma kriterlərini müəyyənləşdirmək, bu proseslərə təsir edən əsas amilləri – Gibbs sərbəst enerjisini, həllolma sabitini, pH-nı, oksidləşmə-reduksiya reaksiyalarını və kompleksmələğətirici agentlərin rolunu təhlil etmək olmuşdur. Elmi ədəbiyyat mənbələrin müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, sulfidlərin həllolma dərəcəsi yalnız termodinamik sabitlərdən deyil, həm də kinetik baryerlərdən və mühitin kimyəvi tərkibindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Həllolma sabitinin çox kiçik olması (məsələn, CuS üçün $K_{sp} \approx 10^{-37}$ onların təbii şəraitdə az həllolduğunu göstərir. Bununla belə, oksidləşdirici şəraitdə və ya kompleksmələğətirici ligandların iştirakı ilə bu sabitlər dəyişə bilər. Aparılan modelləşdirmə nəticələri göstərir ki, Gibbs enerjisinin mənfi dəyərləri ($\Delta G^0 < 0$) olan reaksiyalar metal sulfidlərin həllolmasına termodinamik imkan yaradır. Nəticədə belə qənaətə gəlinir ki, metal sulfidlərin həllolma kriterlərinin dərin termodinamik və kimyəvi təhlili, həm geokimyəvi proseslərin, həm də metallurgiyada tullantıların zərərsizləşdirilməsi kimi praktiki məsələlərin öyrənilməsi üçün mühüm elmi baza yaradır.

Açar sözlər: Metal sulfidlər; həllolma kriterləri; termodinamik sabitlik; kimyəvi tarazlıq; Gibbs enerjisi

I. Giriş

Metal sulfidləri — təbiətdə geniş yayılmış, sənaye və ekoloji baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edən birləşmələr qrupudur. Bu birləşmələr çox vaxt filiz mineralları şəklində rast gəlinir və metallurgiya, kimya, energetika və ətraf mühit tədqiqatlarında əsas obyektlərdən biridir (1). Xüsusilə çətin həll olunan metal sulfidləri (məsələn, PbS, ZnS, CuS, FeS₂ və HgS) həm təbii sistemlərdə, həm də texnogen mühitlərdə uzunmüddətli stabillik göstərir. Onların həllolma proseslərinin öyrənilməsi, metalların biogeokimyəvi dövrəni, toksik elementlərin miqrasiyasını və metallurgiyada bərpa proseslərini anlamaq baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır (2).

Sulfidlərin kimyəvi dayanıqlığı onların güclü kovalent xarakterə malik metal–sulfid rabitələri və çox vaxt aşağı həllolma hasilinə (K_{sp}) sahib olmaları ilə əlaqədardır (3). Bu rabitələrin qırılması üçün həm termodinamik, həm də kinetik amillər mühüm rol oynayır.

Həllolma prosesinin əsas göstəricilərindən biri sərbəst Gibbs enerjisidir (ΔG^0). $\Delta G^0 < 0$ olduqda reaksiya termodinamik cəhətdən əlverişli hesab olunur, lakin bir çox sulfidlərdə hətta mənfi ΔG^0 dəyərlərinə baxmayaraq, reaksiyanın sürəti çox aşağı olur (4). Bu, kinetik

maneələrin — məsələn, səth passivasiyası və ya kükürd təbəqəsinin əmələ gəlməsi – təsiri ilə izah olunur (5).

Sulfid sistemlərinin öyrənilməsi tarixən iki istiqamətdə aparılmışdır:

1. Termodinamik modellər – burada əsas məqsəd sulfidlərin həllolma tarazlığını və sabitlik sahələrini müəyyən etməkdir;
2. Elektrokimyəvi və kinetik yanaşmalar – proseslərin faktiki sürətinə və səth reaksiyalarına fokuslanır (6).

Termodinamik baxımdan, sulfidlərin həllolması çox vaxt Eh–pH (elektrod potensialı – hidrogen göstəricisi) diaqramları vasitəsilə təsvir edilir. Bu diaqramlar su sistemlərində metallarla kükürdün sabitlik sahələrini göstərir və metal ionlarının hansı şəraitdə (oksidləşdirici və ya reduksiyaedici) daha aktiv olduğunu proqnozlaşdırmağa imkan verir (7). Məsələn, FeS₂ (pirit) yüksək oksidləşdirici mühitdə Fe³⁺ və SO₄²⁻ ionlarına parçalanır, lakin reduksiyaedici şəraitdə çox sabit qalır (8).

Son illərdə aparılan tədqiqatlarda mikrobioloji oksidləşmə və bioleaching (bioloji yolla metalların çıxarılması) proseslərinin də sulfidlərin həllolmasında mühüm rol oynadığı müəyyən edilmişdir (9). Xüsusilə *Acidithiobacillus ferrooxidans* kimi bakteriyalar oksidləşdirici mühit yaradaraq metal sulfidləri ion şəklinə çevirir. Bu proses həm sənaye tullantılarında metal bərpası, həm də təbii ekosistemlərdə sulfidlərin çevrilməsi üçün mühüm mexanizmdir (10).

Ədəbiyyat mənbələrinin təhlili göstərir ki, sulfidlərin həllolma kriterləri bir sıra amillərin qarşılıqlı təsirindən asılıdır: həlledicinin növü və ion qüvvəsi; pH və oksidləşmə-reduksiya potensialı; temperatur və təzyiq; kompleks əmələgəlmə reaksiyaları (11). Bu amillərin hər biri Gibbs enerjisi və tarazlıq sabitinə təsir göstərərək metal sulfidinin həllolma istiqamətini müəyyən edir (2).

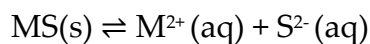
Həllolma kriterlərinin düzgün təhlili üçün yalnız K_{sp} dəyərlərinə əsaslanmaq kifayət deyil. Elmi məlumatların müqayisəli icmalı göstərir ki, çətin həll olunan metal sulfidləri üçün həm termodinamik, həm də kinetik kriterlərin birlikdə öyrənilməsi daha dəqiq nəticələr verir. Belə yanaşma sulfidlərin sabitliyini yalnız kimyəvi deyil, həm də real mühit şəraiti (məsələn, torpaq, mədən tullantısı, su sistemi) baxımından qiymətləndirməyə imkan yaradır (13).

Nəticə etibarilə, sulfid sistemlərinin termodinamik və kimyəvi təhlili bu gün də aktual olaraq qalır. Yeni eksperimental üsulların və hesablama modellərinin tətbiqi metal sulfidləri ilə bağlı bir çox qeyri-müəyyənlikləri aradan qaldırmağa və onların təbiətdəki davranışını daha düzgün proqnozlaşdırmağa imkan verir (14).

II. Həllolma kriterlərinin termodinamik əsasları

Çətin həll olunan metal sulfidləri üçün həllolma prosesinin qiymətləndirilməsində əsas meyar olan termodinamik sabitlik və həllolma sabiti (K_{sp}) sulfidlərin sulu mühitdəki ion tarazlıqlarını, onların kimyəvi sabitlik sahələrini və potensial mobil formalarını təyin etmək üçün əsas hesab olunur.

Sulfidin suda həllolma prosesi ümumilikdə aşağıdakı kimi yazıla bilər:



burada MS – metal sulfidi, M^{2+} və S^{2-} isə müvafiq ionlardır. Bu tarazlığın həllolma sabiti (K_{sp}) belə ifadə olunur:

$$K_{sp} = [M^{2+}] \cdot [S^{2-}]$$

K_{sp} sabiti nə qədər kiçikdirsə, maddə bir o qədər az həll olur. Məsələn, HgS üçün $K_{sp} \approx 10^{-53}$, PbS üçün $K_{sp} \approx 10^{-27}$, ZnS üçün isə $K_{sp} \approx 10^{-24}$ kimi çox kiçik dəyərlər onların yüksək sabitliyini göstərir [15].

2.1. Gibbs sərbəst enerjisi və həllolma sabiti arasında əlaqə

Termodinamik baxımdan maddənin həllolması Gibbs sərbəst enerjisi dəyişməsi (ΔG°) ilə birbaşa əlaqəlidir. Bu əlaqə aşağıdakı tənliklə ifadə olunur:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{sp}$$

Burada: $R = 8.314 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ – qaz sabiti, T – Kelvinlə temperatur.

Bu tənlikdən görünür ki, ΔG° mənfi olduqda proses termodinamik cəhətdən mümkündür. Əgər ΔG° böyük müsbət dəyər alırsa, həllolma prosesi özbaşına getmir və maddə “çətin həllolandır”.

2.2. logK və həllolma meyarı

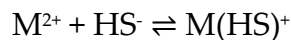
Həllolma məhsulunun loqaritmik ifadəsi, yəni **logK_{sp}**, laborator hesablamalarda geniş istifadə olunur. Bu parametrlər aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$\log K_{sp} = \log [M^{2+}] + \log [S^{2-}]$$

Məsələn, ZnS üçün $\log K_{sp} \approx -23.8$ olduqda, $[Zn^{2+}]$ və $[S^{2-}]$ ionlarının hər biri $\sim 10^{-12} \text{ M}$ səviyyəsində olur. Bu da ZnS-in həllolma dərəcəsinin çox aşağı olduğunu göstərir.

2.3. Kompleksməhləgəlmə və ion aktivliyi korreksiyası

Real sistemlərdə, xüsusilə torpaq və təbii su mühitlərində, metal ionları tez-tez kompleks birləşmələr əmələ gətirir. Məsələn:



Bu zaman sərbəst M^{2+} qatılığı azalır və görünən K_{sp} dəyəri faktiki olaraq dəyişir [16,17]. Bu hal “effektiv həllolma sabiti” adlanır və ion aktivlik əmsalları nəzərə alınmaqla aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$K_{sp}^{eff} = a_{M^{2+}} \cdot a_{S^{2-}} = \gamma_{M^{2+}} [M^{2+}] \cdot \gamma_{S^{2-}} [S^{2-}]$$

burada γ – ionun aktivlik əmsalıdır. İon gücü artdıqca (məsələn, dəniz suyunda) aktivlik əmsalı azalır, nəticədə həllolma bir qədər artır.

2.4. Temperaturun təsiri

Termodinamik sabitlər temperaturdan asılı olduğuna görə, Vant Hoff tənliyi vasitəsilə temperaturun K_{sp} -ə təsiri qiymətləndirilir:

$$\frac{d(\ln K_{sp})}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2}$$

Əgər proses endotermikdirsə ($\Delta H^\circ > 0$), temperaturun artması K_{sp} -i artırır və həllolma asanlaşır. Əksinə, ekzotermik proseslərdə temperaturun artması K_{sp} -in azalmasına səbəb olur.

III. Eh–pH diaqramları və sabitlik sahələrinin analizi

Metal sulfidləri üçün termodinamik sabitlik və faza keçidləri Eh–pH (Pourbaix) diaqramları vasitəsilə aydın şəkildə təsvir olunur (18). Bu diaqramlar müəyyən temperaturda (adətən 25°C) və təzyiqdə müxtəlif kimyəvi növlərin – yəni metal ionları, oksidlər, sulfidlər, və s. – hansı şəraitdə sabit olduğunu göstərir. Belə analizlər həm təbii proseslərin (torpaq, hidrotermal sistemlər, çirkab suları) başa düşülməsi, həm də texnoloji proseslərin (metal bərpası, flotasiya, bioleaching) optimallaşdırılması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir.

3.1. Eh–pH diaqramlarının nəzəri əsasları

Eh–pH diaqramı, sistemdəki redoks reaksiyaların tarazlıq potensiallarını göstərən qrafik təsviridir. Bu diaqramların tərtibində əsas termodinamik əlaqə Nernst tənliyi ilə müəyyən edilir:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

Burada: E^0 – standart elektrod potensialı, R – qaz sabiti, T – temperatur (K), n – elektronların sayı, F – Faraday sabiti, Q – reaksiyanın aktivlik nisbətidir.

Eh və pH parametrləri arasında əlaqə xüsusilə sulfid sistemlərində əhəmiyyətlidir, çünki burada həm oksidləşmə-reduksiya, həm də protonlaşdırma reaksiyaları paralel şəkildə baş verir. Məsələn, kükürdün müxtəlif oksidləşmə dərəcələri (S^{2-} , S^0 , SO_4^{2-}) üçün tarazlıq potensialları pH-a görə dəyişir və bu, diaqramda sərhəd xətləri ilə ifadə olunur.

3.2. Eh–pH diaqramlarının tətbiq əhəmiyyəti

Bu diaqramlar yalnız termodinamik sabitlik haqqında məlumat vermir, həm də çirkələnmiş ərazilərdə metal ionlarının davranışının proqnozlaşdırılması, filtrasiya və bioleaching proseslərinin idarə edilməsi kimi praktiki məqsədlərlə istifadə olunur. Məsələn, torpaq mühitində pH-nın azalması və Eh-nin artması PbS, CdS və ZnS kimi sulfidlərin tədricən oksidləşməsinə, nəticədə metal ionlarının suda hərəkətililiyinin artmasına səbəb olur (19).

Bu cür analizlərdən əldə edilən nəticələr həm ekoloji risk qiymətləndirməsində, həm də sənaye tullantılarının zərərsizləşdirilməsində mühüm rol oynayır. Müasir geokimyəvi modellər (məsələn, PHREEQC və Visual MINTEQ) bu diaqramlara əsaslanaraq müxtəlif təbii və texnoloji sistemlərdə sulfidlərin sabitlik şəraitini hesablamağa imkan verir.

IV. Modelləşdirmə və hesablama yanaşmaları

Metal sulfidlərin həllolma proseslərinin elmi əsaslarının dərinədən öyrənilməsi üçün eksperimental tədqiqatlarla yanaşı, termokimyəvi və hesablama modelləri də mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu modellər müxtəlif şəraitlərdə (temperatur, pH, ion gücü, kompleksləşmə və redoks mühit) sulfidlərin davranışını proqnozlaşdırmağa imkan verir.

4.1. Aktivlik və ion gücü korreksiyası (Debye–Hückel yanaşması)

Zəif ionlaşdırılmış sistemlərdə real ionların aktivliyini nəzərə almaq üçün Debye–Hückel tənliyi tətbiq olunur:

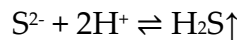
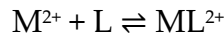
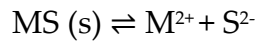
$$\log a_i = \log [C_i] - \frac{A z_i^2 \sqrt{I}}{1 + B a_i \sqrt{I}}$$

burada a_i – aktivlik, C_i – molyar qatılıq, z_i – ion yükü, I – məhlulun ion gücüdür, A və B – temperaturdan asılı sabitlərdir.

Bu korreksiya sayəsində həllolma sabitlərinin eksperimental və nəzəri qiymətləri arasında uyğunluq təmin edilir. Məsələn, FeS-in nominal K_{sp} dəyəri 10^{-18} olsa da, ion aktivlikləri nəzərə alındıqda effektiv $K_{sp} \approx 3 \times 10^{-19}$ olur ki, bu da praktiki şəraitdə müşahidə edilən sabitliklə uzlaşır.

4.2. Həllolma–kompleksləşmə tarazlığının modelləşdirilməsi

Sulfid sistemlərində çox vaxt paralel tarazlıqlar mövcuddur:



Bu tip çoxkomponent sistemlər üçün ümumi tarazlıq sabiti mütəşəkkil termodinamik model (Speciation Model) vasitəsilə hesablanır. Belə modellərdə bəzən Visual MINTEQ, PHREEQC və ya HSC Chemistry kimi proqram təminatları istifadə edilir. Bu proqramlar həm suda, həm də heterogen mühitdə müxtəlif metal sulfidlərin stabil fazalarını hesablamağa imkan verir.

4.3. Temperatur asılılığının modelləşdirilməsi (Vant Hoff tənliyi)

Həllolma sabitinin temperaturla dəyişməsi Vant Hoff tənliyi ilə ifadə olunur:

$$\frac{d \ln K_{sp}}{dT} = \frac{\Delta H^0}{RT^2}$$

Əgər $\Delta H^0 > 0$ -dırsa (endotermik proses), temperatur artdıqca K_{sp} artır və həllolma asanlaşır. $\Delta H^0 < 0$ olduqda isə temperatur artımı həllolmanı zəiflədir. Məsələn, 25°C -də (298 K) ZnS üçün $K_{sp} = 2.0 \times 10^{-25}$, $\Delta H^0 = +48 \text{ kC/mol}$ qəbul edək. Vant Hoff tənliyinə əsasən:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{\Delta H^0}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{K_2}{2.0 \times 10^{-25}} = \frac{48000}{8.314} \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{333} \right)$$
$$\ln \frac{K_2}{2.0 \times 10^{-25}} = 1.79 \Rightarrow K_2 = 1.2 \times 10^{-24}$$

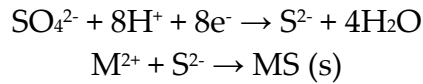
Deməli, 60°C -də ZnS-in həllolma sabiti təxminən 6 dəfə artır, bu isə temperaturun çətin həll olunan sulfidlərin sabitliyinə əhəmiyyətli təsirini göstərir.

V. Ətraf Mühit və Analitik Kimyada Metal Sulfidlərin Həllolma Prosesinin Tətbiqi

Metal sulfidlərin həllolma xüsusiyyətləri yalnız laborator və nəzəri tədqiqatlarda deyil, həm də ekoloji kimya, geokimya, torpaq analizi və sənaye tullantılarının idarə olunması kimi praktiki sahələrdə mühüm əhəmiyyət daşıyır. Çətin həll olunan sulfidlər, xüsusilə də ağır metal tərkibli olanlar, ekosistemlərdə metal ionlarının miqrasiyasını məhdudlaşdıraraq onların bioloji əlçatanlığını azaldır.

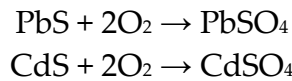
5.1. Torpaq və su mühitində metal sulfidlərin rolu

Anaerob (oksigeniz) şəraitdə torpaq və çöküntülərdə sulfidlərin əmələ gəlməsi mikrobioloji reduksiya prosesi ilə bağlıdır:



Bu proseslər nəticəsində Fe, Cu, Pb, Cd kimi metallar sabit sulfid fazalarına keçərək torpaqdan yuyulmaya qarşı qorunur. Lakin ətraf mühitdə pH və redoks potensial dəyişdikdə bu birləşmələr tədricən parçalanır və metalların yenidən hərəkətliliyi müşahidə olunur.

Məsələn, oksigenlə zənginləşmiş torpaq qatında PbS və CdS kimi sulfidlər aşağıdakı şəkildə oksidləşir:



Bu reaksiyalar nəticəsində yaranan sulfatlar suda yaxşı həll olur və torpaqda metal ionlarının bioəlçətanlığı artır.

5.2. Analitik kimyada metal sulfidlərin çökmə reaksiyaları

Analitik kimyada metal sulfidlərin selektiv çökmə reaksiyaları çox geniş istifadə olunur. Xüsusilə qrup analizlərində (klassik ion analiz sistemində) H₂S qazı və ya (NH₄)₂S məhlulu vasitəsilə müxtəlif metal ionlarının ayrılması həyata keçirilir. Məsələn:

- II qrup ionlar (Cu²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺, Bi³⁺) turş mühitdə H₂S təsiri ilə sulfid şəklində çökür;
- III qrup ionlar (Fe³⁺, Al³⁺, Cr³⁺) isə yalnız neytral və ya zəif qələvi mühitdə çökürlər.

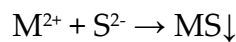
Bu fərq sulfidlərin həllolma sabitlərinin fərqli olmasından irəli gəlir. Məsələn:

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = 6.3 \cdot 10^{-36}, \quad K_{\text{sp}}(\text{FeS}) = 1.0 \cdot 10^{-18}$$

Bu səbəbdən, CuS asanlıqla çökür, halbuki FeS üçün eyni şəraitdə bu mümkün olmur.

5.3. Sənaye tullantılarının təmizlənməsində tətbiqi

Sulfidlərlə çöktürmə üsulu sənaye sularının təmizlənməsində də geniş istifadə olunur. Xüsusilə galvanik istehsalat, akkumulyator zavodları və metallurgiya proseslərində yaranan Cu²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, Zn²⁺ ionları suda çətin həll olunan sulfidlər şəklində çıxarılır:



Bu proseslərdə istifadə olunan sulfid mənbələri Na₂S, FeS və ya bioloji olaraq hasil olunan H₂S qazıdır. Həmçinin, mikroorqanizmlərlə reduktiv çökmə (bio-precipitation) üsulu ekoloji baxımdan daha təhlükəsiz sayılır.

5.4. Təbii və sənaye sistemlərində sabitlik modelləri

Təbii sistemlərdə metal sulfidlərin sabitliyi Eh–pH (Pourbaix) diaqramları vasitəsilə qiymətləndirilir. Bu diaqramlarda sulfid, oksid və sulfat fazaları arasındakı sabitlik sərhədləri göstərilir (18). Məsələn, Fe–S sistemində pH = 7 və Eh = –0.3 V şəraitində FeS sabit qalır, lakin Eh > 0.0 V olduqda Fe²⁺ ionları Fe(OH)₃ və ya Fe₂O₃ şəklinə keçir. Bu cür modellər həm torpaq kimyasında, həm də su təmizlənməsi texnologiyalarında proseslərin optimallaşdırılması üçün əsas vasitə hesab olunur.

VI. Nəticə və elmi yekunlar

Aparılmış nəzəri və modelləşdirilmiş tədqiqatların nəticələri göstərir ki, çətin həll olunan metal sulfidlərin həllolma kriterləri çoxfaktorlu bir sistemin məhsuludur və həm termodinamik, həm də kimyəvi-struktur amillərin qarşılıqlı təsirinə əsaslanır.

6.1. Termodinamik baxımdan

Metal sulfidlərin sabitliyi, əsasən, onların həllolma sabiti (K_{sp}) və Gibbs sərbəst enerjisi dəyişməsi (ΔG°) ilə müəyyən olunur. ΔG° dəyəri nə qədər böyük və müsbət olarsa, birləşmə o qədər çətin həll olunur. Həllolma sabitinin temperaturla artması, xüsusilə endotermik proseslərdə (məsələn, ZnS, CdS üçün), sistemin kinetik sabitliyini qismən azaldır, lakin yüksək tor enerjisinə malik kristal fazalarda bu dəyişiklik cüzi qalır.

6.2. Kimyəvi və struktur amillər

Kristall tor enerjisi, ion radiusu və metal–sulfid rabitəsinin kovalentlik dərəcəsi həllolma kriterlərinin əsas göstəriciləridir. Kiçik radiuslu və yüksək yüklü metal ionları (Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+}) daha güclü polyarizasiya yaratdığı üçün onların sulfidlərinin həllolma qabiliyyəti minimaldır. Bunun əksinə olaraq, Ca^{2+} və Ba^{2+} kimi iri ionlar zəif polyarizasiya yaradır və nəticədə müvafiq sulfidlər nisbətən asan həll olunur.

6.3. Mühit amilləri

pH və redoks şəraiti metal sulfidlərin sabitliyinə bilavasitə təsir göstərir. Turş mühitdə protonlaşma nəticəsində H_2S əmələ gəlməsi sulfid ionunun qatılığını azaldır və tarazlığı sağa yönəldir. Oksidləşdirici şəraitdə isə sulfid ionları tədricən SO_4^{2-} və S^0 şəklinə çevrilərək metal ionlarını yenidən məhlula buraxır. Bu, xüsusilə torpaq və su ekosistemlərində metalların bioəlçətanlığını müəyyən edən əsas faktorlardan biridir.

6.4. Modelləşdirmə və hesablamalar

Debye–Hückel yanaşması, Vant Hoff tənliyi və Gibbs enerji modelləri çətin həll olunan sulfidlərin davranışını riyazi şəkildə proqnozlaşdırmağa imkan verir. Məsələn, ZnS üçün $25^\circ C$ -dən $60^\circ C$ -yə keçiddə K_{sp} dəyərinin 6 dəfə artması, temperaturun sulfid sistemlərində tarazlığa təsirinin nəzərəçarpan olduğunu göstərir. Bu cür modellər PHREEQC və Visual MINTEQ kimi proqramlarda istifadə edilərək həm laborator analizlər, həm də ətraf mühit modelləri üçün tətbiq oluna bilər.

6.5. Praktiki və ekoloji nəticələr

Metal sulfidlərin sabitlik kriterlərinin öyrənilməsi:

- sənaye tullantılarının təmizlənməsi proseslərinin optimallaşdırılmasında,
- torpaqda metal ionlarının miqrasiyasının proqnozlaşdırılmasında,
- və analitik kimyada selektiv çökmə üsullarının dəqiqləşdirilməsində mühüm elmi və tətbiqi əhəmiyyət kəsb edir.

Bütün bu nəticələr göstərir ki, çətin həll olunan metal sulfidlər təkcə termodinamik baxımdan deyil, həm də kimyəvi və struktur baxımdan kompleks sistemlərdir. Onların öyrənilməsi ekoloji təhlükəsizliyin, sənaye proseslərinin və analitik metodların inkişafı baxımından aktual və zəruridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Crundwell, F. K. (2014). The dissolution and leaching of minerals: Mechanisms, myths and misunderstandings. *Hydrometallurgy*, 149, p.254-264
2. Zhu, J., & Zhou, L. (2020). Thermodynamics of metal sulfides in aqueous systems. *Journal of Molecular Liquids*, 315, 113757

3. Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (2012). Chemistry of the Elements (2nd ed.). Elsevier
4. Wang, Y., & Zhang, H. (2021). Kinetic aspects of metal sulfide dissolution in acidic media. Chemical Engineering Journal, 419, 129617
5. Tributsch, H. (2020). Surface passivation of sulfide minerals: Mechanisms and implications. Minerals Engineering, 154, 106388
6. Stumm, W., & Morgan, J. J. (2013). Aquatic Chemistry (4th ed.). Wiley
7. Garrels, R. M., & Christ, C. L. (2019). Solutions, Minerals, and Equilibria. Springer
8. Johnson, D. B. (2021). Geomicrobiology of sulfide oxidation. Applied Environmental Microbiology, 87(14), e00532-21
9. Rohwerder, T., & Sand, W. (2020). The role of microorganisms in the oxidation of metal sulfides. Biotechnology Advances, 45, 107650
10. Vera, M., & Schippers, A. (2021). Microbial leaching mechanisms of sulfide minerals. FEMS Microbiology Reviews, 45(3), fuab021
11. Xu, X., & Wang, P. (2023). Solubility products and complexation equilibria of heavy metal sulfides. Journal of Chemical Thermodynamics, 178, 106042
12. Anderson, C. W., & Brown, R. J. (2020). Thermodynamic evaluation of sulfide dissolution equilibria. Geochimica et Cosmochimica Acta, 285, 59-71
13. Duan, J., & Li, H. (2020). Thermodynamic and kinetic constraints on metal sulfide dissolution. Applied Geochemistry, 121, 104703.
14. Huang, W., & Song, Y. (2024). Integrative modeling of sulfide mineral stability under environmental conditions. Earth Science Reviews, 249, 104092
15. "Constants of Solubility Products of Metal Sulfides." (ResearchGate)
16. Mikhaylova, A., & Petrova, E. (2021). Complex formation and solubility enhancement of metal sulfides in ligand-rich environments. Russian Journal of Inorganic Chemistry, 66(8), 1300-1308
17. Əliyev, A. (2018). Torpaq sistemlərində ağır metalların sulfid formalarının stabilliyi. Bakı: Elm və təhsil
18. Pourbaix, M. (1974). Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions. NACE International
19. Liu, Y., Zhao, J., & Chen, X. (2022). Influence of pH and Eh on the stability of ZnS and PbS: A thermodynamic approach. Journal of Molecular Liquids, 357, 119152

SUMMARY

Adil Aslanov

THERMODYNAMIC AND CHEMICAL ANALYSIS OF THE SOLUBILITY CRITERIA OF POORLY SOLUBLE METAL SULFIDES

This paper presents a theoretical analysis of the thermodynamic and chemical criteria governing the dissolution of sparingly soluble metal sulfides such as ZnS, CuS, PbS, and HgS. The primary

objective is to determine the dissolution parameters and examine the influence of factors such as Gibbs free energy, solubility product constant, pH, redox conditions, and the role of complex-forming agents. A comparative review of recent literature demonstrates that the solubility of metal sulfides depends not only on thermodynamic stability but also on kinetic barriers and the chemical environment. The extremely low solubility constants (e.g., $K_{sp} \approx 10^{-37}$ for CuS) confirm their limited dissolution under normal conditions. However, in the presence of oxidizing agents or ligands capable of forming stable complexes, dissolution can be significantly enhanced. Thermodynamic modeling results indicate that reactions with negative Gibbs free energy ($\Delta G^0 < 0$) are favorable for dissolution. The study concludes that a detailed thermodynamic and chemical evaluation of dissolution criteria provides a valuable foundation for understanding geochemical transformations and optimizing environmental or metallurgical processes related to sulfide minerals.

Keywords: Metal sulfides; solubility criteria; thermodynamic stability; chemical equilibrium; Gibbs free energy

РЕЗЮМЕ

Адилъ Асланов

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ РАСТВОРИМОСТИ ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ СУЛЬФИДОВ МЕТАЛЛОВ

В данной статье представлен теоретический анализ термодинамических и химических критериев растворимости труднорастворимых сульфидов металлов (ZnS, CuS, PbS, HgS и др.). Основная цель исследования заключалась в определении условий растворения и анализе влияния таких факторов, как свободная энергия Гиббса, произведение растворимости, pH, окислительно-восстановительные реакции и роль комплексообразующих веществ. Сравнительный анализ литературных данных показал, что растворимость сульфидов металлов зависит не только от термодинамических параметров, но и от кинетических барьеров, а также от химического состава среды. Очень низкие значения произведения растворимости (например, для CuS $K_{sp} \approx 10^{-37}$ подтверждают их слабую растворимость при обычных условиях. Однако при наличии окислителей или лигандов, образующих устойчивые комплексы, растворимость может значительно возрасти. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что реакции с отрицательным значением энергии Гиббса ($\Delta G^0 < 0$) термодинамически благоприятны для растворения. Сделан вывод, что углублённый термодинамический и химический анализ критериев растворимости представляет собой важную научную основу для изучения геохимических процессов и разработки экологически безопасных технологий переработки сульфидных соединений.

Ключевые слова: Сульфиды металлов; критерии растворимости; термодинамическая устойчивость; химическое равновесие; энергия Гиббса

PbIn₂Se₄ SİNTEZİ

FƏRƏH ABDULLAYEVA^{1*}
<https://orcid.org/0009-0001-2246-8814>

ALİYƏ RZAYEVA^{1,2}
aliye.rzaeva@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7435-431X>

¹Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

²NDU Nəzdində Təbii Ehtiyatlar İnstitutu, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

PbIn₂Se₄ birbaşa etilen qlikol mühitində aparılan hidrotermal sintez nəticəsində, nisbətən mülayim şəraitdə (433–453 K, 7–12 saat) əldə edilmiş və təxminən 85–87% çıxım göstərmişdir. Alınan material nano- və mikro zərrəciklərdən ibarət pambıqvari morfolojiyaya nümayiş etdirir. Kimyəvi analiz, termovəyirmə (TGA) və transmissiya elektron mikroskopiyası (TEM) tədqiqatları birləşmənin struktur sabitliyini və tərkib təmizliyini təsdiq etmişdir. Ümumilikdə, bu nəticələr hidrotermal yanaşmanın yüksək təmizlikli PbIn₂Se₄ əldə etmək üçün səmərəli və idarəolunan bir üsul olduğunu göstərərək, materialın inkişaf etmiş optoelektronika və enerji qurğularında tətbiqi üçün geniş imkanlar açdığını vurğulayır.

Açar sözlər: TGA, qurğuşun əsaslı xalkogenid birləşməsi, hidrotermal sintez, SEM.

Giriş

Bu işdə etilen qlikol mühitində PbIn₂Se₄ birləşməsinin hidrotermal sintezi ətraflı şəkildə tədqiq edilir və onun yaranma mexanizmi, morfolojiyası və sabilliyi araşdırılır. Termovəyirmə analizləri, rentgen difraksiyası və elektron mikroskopiyası kimi metodların kombinasiyası vasitəsilə PbIn₂Se₄-ün struktur xüsusiyyətləri barədə yeni məlumatlar əldə olunur və hidrotermal sintez üsulunun yüksək təmizlikdə, mikro- və nano-strukturlaşdırılmış PbIn₂Se₄ hazırlanmasında effektiv olduğu göstərilir (Daouchi B., 2000, p. 229-232).

Fərqli ölçü və formalı substratlar üzərində submikron PbSe nazik filmlərinin hazırlanması üçün aşağı temperaturlu kimyəvi çökdürmə (room temperature–70 °C) metodu işlənib hazırlanmışdır. Bu proses həm şüşə, həm də şəffaf poliestər filmlərində vahid, güzgüvari örtüklər əldə etməyə imkan verib. Filmlərin struktur, optik və elektrik xüsusiyyətləri həm çökdürülmüş halda, həm də istilikləndikdən sonra təhlil edilmişdir.

Təcrübi hissə

In₂Se₃ buxarının elektron və infraqırmızı udma spektrləri öyrənilmiş və onun uyğun sublimasiyasını təsdiqlənmişdir. In₂Se(g)-in termodinamik funksiyaları 273,15–2000 K temperatur intervalında hesablanmış, In₂Se₃(s)-in doyma buxar təzyiqi isə ölçülmüşdür (Greenberg J.H., 1973, p.233-237).

İlk öncə 20 ml indium (III) xlorid məhlulundan 0,1150 g indium ammoniyak hidrosidindən istifadə edilərək indium (III) hidrosid şəklində çöktürülmüşdür. Çökmə tam yuyulduqdan sonra etilen qlikol olan bir stəkanə köçürülmüşdür. Daha sonra 0,140 g civə asetat (0,76 g Pb) əlavə olunmuş və məhlul yaxşıca qarışdırılmışdır. Hazırlanmış qarışıq reaksiyanın keçirildiyi qaba köçürülmüş, ardınca 0,120 g selenləşdirici agent – elemental

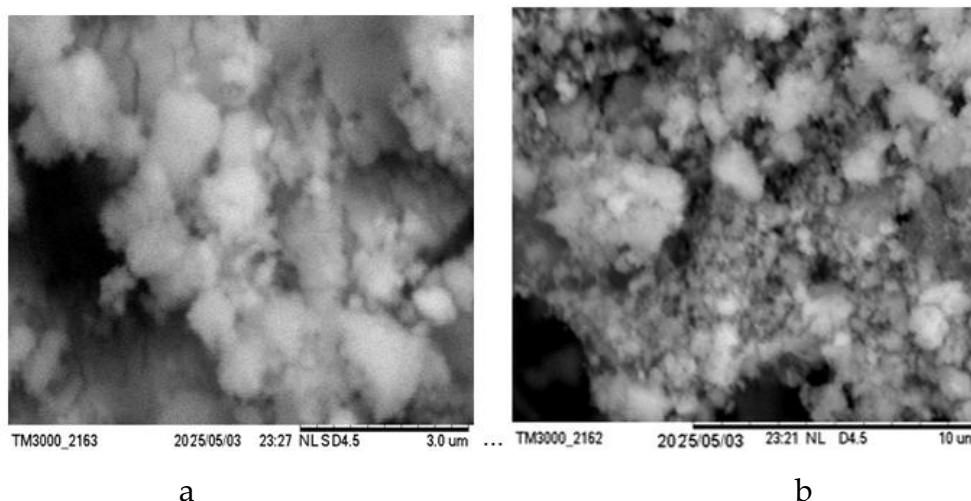
selenin (amorfun və ya əridilmiş halda) sodyum borohidrid vasitəsilə etilen qlikolda hazırlanmış selen məhlulu əlavə edilmişdir.

Reaksiya qabı Teflon ilə kaplanmış avtoklavaya yerləşdirilmiş, sıx bağlanmış və 423 K temperaturda 5-7 saat ərzində isidilmişdir. Prosesdən sonra çökmə şüşə filtredən süzülmüş, əvvəlcə seyreltmə xlorid turşusu ilə, daha sonra isə ultra-təmiz su (UPW) ilə yuyulmuşdur. Nəhayət, nümunə etanol ilə durulanmış və 333–343 K temperaturda vakuum altında qurudulmuşdur. 453 K-də civə-indium selenid sintezinin hasilatı 85–87% olmuşdur. Təcrübələr analitik təmizlikdə reagentlərdən istifadə edilərək aparılmışdır.

Birləşmənin tərkibi (Pb:In:Se) həm kimyəvi (volumetrik və qravimetrik) metodlar, həm də Almaniya istehsalı olan NETZSCH STA 449F3 termal analiz cihazı vasitəsilə müəyyən edilmişdir. PbIn_2Se_4 nano- və mikropartikullarının rentgen faza analizi "Bruker" D2 PHASER rentgen difraktometri ($\text{CuK}\alpha$ şüalanma, 2θ intervalı: $10\text{--}70^\circ$) ilə həyata keçirilmişdir. Nümunələrin morfolojiyası Hitachi TM-3000 (Yaponiya) keçirmə elektron mikroskopu (TEM) ilə təhlil edilmiş, görüntülər yüksək həssaslı DESKOPT kamera ilə çəkilmişdir.

Məlumdur ki, sintez mühitindən (üzvi və ya sulu) asılı olaraq xalkogenidlər müxtəlif stexiometriyalı birləşmələr (PbIn_2Se_4 , $\text{Pb}_2\text{In}_2\text{Se}_5$, $\text{Pb}_3\text{In}_2\text{Se}_6$, $\text{Pb}_4\text{In}_2\text{Se}_7$ və s.) əmələ gətirirlər (Record M.C. 316, 2001, p. 239–244, Peng Yu, 2013, 52, 2, p. 724–728, Danrui Ni 2019, p. 442–446). Buna görə də, hidrotermal üsulla sintez edilmiş PbIn_2Se_4 nümunələri NETZSCH STA 449F3 cihazı istifadə edilərək termoçevirmə analizinə (TGA) məruz qoyulmuşdur (Zhu J., 2001. T.36, p.1169-1176).

Hidrotermal üsulla sintez edilmiş PbIn_2Se_4 nano- və mikropartikullarının əmələ gəlməsi, böyüməsi və morfolojiyasına temperaturun (433 K) təsiri öyrənilmiş, hissəciklərin görüntüləri TM-3000 Hitachi elektron mikroskopu vasitəsilə qeyd edilmişdir (Şəkil) (A. Rzayeva 2017; 4(1), p. 93-102).



Şəkil. 433 K temperaturda 5-7 saat ərzində sintez edilmiş PbIn_2Se_4 nanopartikulları: a – 3,0 μm böyümə, b – 10,0 μm böyümə

Görüntülər göstərir ki, PbIn_2Se_4 birləşməsi pambıqvari nano- və mikropartikullar şəklində əmələ gəlir.

Hazırkı tədqiqat hidrotermal üsulla sintez edilmiş PbIn_2Se_4 -ün unikal pambıqvari morfolojiyaya malik olduğunu və sabit nano- və mikrostruktur nümayiş etdirdiyini

təsdiqləyir. Sintez parametrlərinin struktur xüsusiyyətlərlə əlaqələndirilməsi bu işin ternar xalkogenidlərin daha geniş anlaşılmasına töhfə verdiyini və PbIn_2Se_4 -ün optoelektronika və enerji çevrilməsi cihazlarındakı potensialını vurğuladığını göstərir.

REFERENCES

1. Daouchi, B., Record, M., Tedenac, J. Low temperature region of the ternary Pb–In–Se system. Journal of Alloys and Compounds Vol. 296, 2000, p. 229-232. [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(99\)00550-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(99)00550-2)
2. Greenberg, J.H., Borjakova, V.A., Shevelkov, V.F. Thermodynamic properties of In_2Se_3 The Journal of Chemical Thermodynamics, vol. 5, 1973, p.233-237. [https://doi.org/10.1016/S0021-9614\(73\)80083](https://doi.org/10.1016/S0021-9614(73)80083)
3. Record, M.C., Ilyenko, S., Daouchi, B. The Pb–In–Se system: phase diagram of the Se-rich part. Journal of Alloys and Compounds, Vol. 316, 2001, p. 239–244. [https://doi.org/10.1016/S0925-8388\(00\)01265-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8388(00)01265-2)
4. Peng, Yu, Li-Ming Wu, Ling Chen. $\text{PbMnIn}_2\text{S}_5$: Synthesis, Structure, and Properties. Inorganic Chemistry Cite this: Inorg. Chem. 2013, 52, 2, p. 724–728. <https://doi.org/10.1021/ic3018584>
5. Danrui, Ni, Shu Guo et.al. Crystal structure and elementary properties of PbS_2 with a pressure–stabilized S-S dimer. Journal of Solid State Chemistry. Vol.69, 2019, p. 442-446. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2018.10.023>
6. Zhu, J., Liao, X., Wang, J. et al. Photochemical synthesis and characterization of PbSe nanoparticles. Materials research bulletin, 2001. T.36, p.1169-1176. [https://doi.org/10.1016/S0025-5408\(01\)00592-X](https://doi.org/10.1016/S0025-5408(01)00592-X)
7. Rzayeva, A. Synthesis of the FeIn_2Se_4 compounds. Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry. 2017; 4(1), p. 93-102. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.315546>

SUMMARY

F.E.Abbdullayeva, A.B.Rzayeva

SYNTHESIS OF PbIn_2Se_4

PbIn_2Se_4 has been obtained through a hydrothermal synthesis carried out in an ethylene-glycol medium, under moderate conditions (433–453 K, 7–12 h), yielding about 85–87%. The resulting material forms a distinctive cotton-like morphology made up of both nano- and microparticles. Comprehensive characterization—including chemical analysis, thermogravimetric measurements, and transmission electron microscopy—verified the compound's structural integrity and compositional purity. Overall, the study shows that the hydrothermal route provides an efficient, controllable, and high-purity pathway to producing PbIn_2Se_4 , highlighting its strong potential for integration into advanced optoelectronic and energy-related devices.

Keywords: TGA, lead chalcogenide compound, hydrothermal synthesis, chemical analysis, SEM.

РЕЗЮМЕ

Ф.Э.Аббдуллаева, А.Б.Рзаева

СИНТЕЗ $PbIn_2Se_4$

$PbIn_2Se_4$ был получен методом гидротермального синтеза в среде этиленгликоля при умеренных условиях (433–453 К, 7–12 ч) с выходом около 85–87%. Полученный материал характеризуется хлопковидной морфологией, состоящей из нано- и микрочастиц. Химический анализ, термогравиметрические исследования (TGA) и просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ) подтвердили структурную стабильность и высокую чистоту соединения. В целом результаты показывают, что гидротермальный подход обеспечивает эффективный и контролируемый способ получения высокочистого $PbIn_2Se_4$, открывая перспективы его применения в современных оптоэлектронных и энергетических устройствах.

Ключевые слова: TGA, халькогенидное соединение свинца, гидротермальный синтез, химический анализ, SEM.

XƏZƏR DƏNİZİNİN BİOMÜXTƏLİFLİYİ VƏ ONA OLAN TƏSİRLƏRİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

ASIYA RZAYEVA

asirza1993@icloud.com

Bakı Mühəndislik Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Dünyanın ən böyük qapalı su hövzəsi olan Xəzər dənizi zəngin ekosistemə və biomüxtəlifliyə malikdir. Xəzər dənizi, həmçinin ekoloji və iqtisadi cəhətdən çox böyük potensiala malikdir. Xəzərin ekosistemi zəngin və nadir növləri ilə səciyyələnir. Xəzər dənizinin flora və faunası müxtəlifliyi ilə tanınır. Burada təxminən 500-ə yaxın bitki növü və 850-dən çox heyvan növləri yayılmışdır. Bu növlərin bir hissəsi endemik xarakter daşıyır. Yəni yalnızca Xəzərə xasdır. Ancaq son illərdə insan fəaliyyəti nəticəsində yaranan təsirlər, iqlim dəyişiklikləri və invaziv-qeyri yerli növlərin artması ilə ekosistem ciddi şəkildə dəyişikliyə məruz qalmışdır. Tullantıların (əsasən, sənaye və məişət) dənizə axıdılması, neft-qaz resurslarının hasilatı, bioloji ehtiyatların yüksək səviyyədə istismarı, sahil ərazilərdə urbanizasiya prosesinin inkişafı su mühitinin keyfiyyət dərəcəsini aşağı salmış, bir çox növlərin azalmasına səbəb olmuşdur. Xəzərə axıdılan çirkli sular və neft məhsullarının qalıqları suda oksigen balansını pozur, canlılar üçün əlverişsiz mühit yaradır.

Xəzər dənizinə invaziv-yad növlərin, məsələn Mnemiopsis leidyi(gəmirici meduza)-nin daxil olması ekoloji balansı pozmuş, plankton və balıq populyasiyalarına ciddi təsirlər edərək qida zəncirində struktur pozulmalarına gətirib çıxartmışdır. Həmçinin suyun səviyyə dəyişmələri, duzluluq və temperaturda baş verən fərqlər də bioloji resursların paylanması əsas amillərdəndir.

Məqalədə qeyd olunur ki, Xəzər dənizində biomüxtəlifliyin mühafizəsi üçün davamlı olaraq ekoloji monitorinqlər aparılmalı, tullantıların idarə olunması sahəsi inkişaf etdirilməli, sahilyanı ekosistemlər bərpa olunmalıdır. Digər mühüm rola malik olan məsələ isə Beynəlxalq əməkdaşlıqlar və elmi tədqiqat işləridir. Nəticə etibarilə, Xəzər dənizinin biomüxtəlifliyinin mühafizə olunması ətraf mühitin ekoloji tarazlığı və gələcək nəsillərin də təbii resurslara ehtiyacının davamlı ödənilməsi cəhətdən çox vacib və aktualdır.

Açar sözlər: Xəzər dənizi, biomüxtəliflik, ekosistem, endemik, antropogen, invaziv, zooplankton, fitoplankton, zoobentos, fitobentos, nəmə, infuzor, meduza, ətraf mühit, təsir amilləri, tədbirlər

Giriş

Son zamanlarda bioloji müxtəlifliyin azalması dünya üzrə ekoloji problemlərin ən əsas göstəricilərindən biridir. Eləcə də, Xəzər dənizi təbii və antropogen amillərin birgə təsirlərinə məruz qalmaqdadır. Xəzər dənizinin özünəməxsus zəngin ekosistemi vardır və bu müxtəliflik regionun ekoloji tarazlığı və iqtisadi inkişafı üçün çox mühüm əhəmiyyət daşıyır. Ancaq sənayenin güclü inkişafı, neft-qaz hasilatı, bioloji ehtiyatların istismarı və iqlim dəyişiklikləri nəticəsində ekosistemdə balans pozulmuş, bir çox növün populyasiyası azalmışdır.

Belə şəraitdə Xəzər dənizinin bioloji müxtəlifliyinin tədqiqi və təsir edən amillərin öyrənilib qiymətləndirilməsi mühüm elmi-praktiki əhəmiyyət daşıyır. Bu tədqiqatlar da onu göstərir ki, baş verən dəyişikliklər yalnız bioloji tarazlığı deyil, həmçinin sosial-iqtisadi

fəaliyyətləri, xüsusilə də balıqçılıq və ekoturizm potensialına birbaşa təsir edir. Bu səbəbdən də biomüxtəlifliyin mühafizəsi və davamlı şəkildə idarə olunması ekoloji siyasətin vacib istiqamətlərindən biridir.

Məqalənin məqsədi

Xəzər dənizinin bioloji müxtəlifliyinin hazırkı vəziyyətini tədqiq etmək, ekosistemdə baş verən dəyişmələri müəyyən edib, təsir amillərini elmi cəhətdən qiymətləndirməkdir. Bunun üçün də sahə müşahidələri, laboratoriya şəraitində analizlər və CİS metodlarından istifadə edilərək, müxtəlif növlərin yayılması və ekoloji göstəricilərin dəyişiklik dinamikası araşdırılmışdır. Bu qiymətləndirmə nəticəsində Xəzərin biomüxtəlifliyində yaranan dəyişikliklərin səbəbi daha dərinədən müəyyənləşdirilmiş və ekoloji sistemin qorunmasına yönəlmiş təkliflər formalaşdırılmışdır.

Tədqiqat metodları

Xəzər dənizinin bioloji müxtəlifliyinin tədqiqatında bir sıra elmi metodlar istifadə edilmişdir. İstifadə edilən metodlar dənizin ekoloji sisteminin canlı strukturunu, növlərin müxtəlifliyini və növlərin təbii mühitlə əlaqələrini öyrənməyə şərait yaradır. İlk növbədə Sahə müşahidələri aparılmış, müxtəlif sahələrdən bentos(dib), plankton, balıq və su bitkilərinə məxsus bioloji nümunələr toplanmışdır. Bu materiallar laboratoriya mühitində analizlərdən - morfoloji və biokimyəvi analizlərdən keçirilib, növlərin sistematik quruluşu müəyyən edilmişdir.

Həmçinin, **molekulyar-genetik** metodlardan istifadə edilərək növlərdə genetik müxtəlifliyin qiymətləndirilməsi həyata keçirilir. Bu metodla invaziv-yad növlərin aşkarlanması mümkün olmuşdur.

Tədqiqatda həmçinin, **CİS (coğrafi informasiya sistemləri)** və **uzaqdan zondlama** metodlar istifadə edilmişdir. Bu metodlarla su səthində baş verən dəyişikliklər, çirklənmə mənbələri müəyyən edilmişdir. Analizlər nəticəsində biotanın məkan paylanması vizuallaşdırılaraq xəritələndirilmiş, ekoloji risk təşkil edən zonalar təyin olunmuşdur.

Sonda toplanan məlumatlar **biostatistik** metodla emal edilərək, Simpson və shannon indeksləri ilə növ tərkibinin müxtəlifliyi və ekoloji tarazlıq dəyərləndirilmişdir. Uzun müddət davam edən müşahidələr nəticəsində Xəzər dənizinin biomüxtəlifliyində baş verən dəyişmələr və eləcə də antropogen təsirlərlə olan əlaqəsi analiz edilmişdir.

Xəzər dənizinin biomüxtəlifliyi- Xəzər dənizinin ən qiymətli canlısı – planetimizin ən qədim canlılarından olan və təkamülü 300 milyon il təşkil edən nərə balıqlarıdır. Onlar 65 milyon il əvvəl yaşayan nəhəng sürünənlərdən də qədimdirlər. Xəzər dənizində nərələrin dünya ehtiyatının 80 %-i cəmləşib. Xəzər dənizi hövzəsində cəmi 153 balıq növü var ki, bunların 81 növü endemikdir, yəni planetimizin heç bir yerində yoxdur və yalnız Xəzər dənizinə xasdırlar, burada yaşayırlar. Xəzər dənizinin Azərbaycan ərazisində 90-a qədər balıq növü var. Xəzər dənizində qədim və endemik olan 6 növ nərə cinsli balıq yaşayır: bölgə, rus nərəsi, Kür nərəsi, kələmo, uzunburun və cökə. Xəzərdə nərəkimilərin ehtiyatı son 20 ildə çox kəskin azalmışdır və keçən əsrin 80-ci ili ilə müqayisədə 30 dəfə azalaraq, vətəgə əhəmiyyətini itirmək həddinə gəlmişdir. Nərəkimilərin ehtiyatının kəskin surətdə aşağı düşməsinin əsas bir neçə səbəbi var:

- 1) 90-cı illərdə brakonyerlik nəticəsində bu balıqların həddən artıq ovlanması;

- 2) kürütökülən əksər çaylarda və əvvəla Kür çayında bəndlərin tikilməsi;
- 3) Xəzər dənizinin çirkləndirilməsi;
- 4) Xəzər dənizində balıqçılığın vahid tənzimləmə sisteminin var olmaması;
- 5) yad-invaziv orqanizmlərin dənizə düşməsi və onların mənfi təsiri nəticəsində Xəzər dənizi ekosistemində ekoloji balansın pozulması.

Balıq ehtiyatlarının azalması yalnız Azərbaycan üçün deyil, bütün Xəzər dənizi üçün səciyyəvi olan ümumi tendensiya. Həmçinin eyni səbəblərdən Xəzərin Azərbaycan sektorunda nəbə balıqlarının ehtiyatı kəskin azalmış və dənizdə ümumi ehtiyatının 12-15 %-ni təşkil edir. Azərbaycanda balıqçılığın inkişafı, əsasən, 1970-1980-ci illərdə zirvə nöqtəsinə çatmışdır. Bu dövrdə ölkədə orta illik 60 min ton balıq ovlanırdı və 40 min tondan çox ərzaq balıq məhsulu istehsal olunurdu. 1988-ci ildən 2005-ci ilə qədər su bioloji resurslarının ovlanması ümumi həcmi 55 min tondan 9 min tona düşmüşdür. Hal-hazırda isə balıq ehtiyatlarının azalması nəticəsində respublikanın su hövzələrindən hər il ovlanan balığın həcmi min tondan artıq deyil. Hal-hazırda nəbə cinsli balıqların populyasiyalarının mövcudluğu və artması balıqartırma zavodlarının hesabına mümkündür. Keçən əsrin ortalarında Xəzərin əsas çayları (Volqa, Kür) üzərində bəndlərin tikilməsi nəticəsində nəbə cinsli balıqların təbii çoxalması və kürü tökməsi daha mümkün deyil. Buna görə də Xəzəryanı ölkələrdə hələ ötən əsrin 50-ci illərində nəbə cinsli balıqların ehtiyatının azalmasının qarşısının alınması üçün ölkələrdə nəbə balıqartırma zavodları tikilmişdir. Bu gün Xəzər dənizində nəbə populyasiyalarının mövcudluğu demək olar ki, 99% həmin zavodların fəaliyyəti hesabınadır. 2011-ci ildən başlayaraq Xəzəryanı ölkələr nəbə balıqlarının kommersiya ovunu həyata keçirir. Balıq ovu ancaq balıqartırma zavodlarında süni çoxaltma və elmi tədqiqatlar üçün həyata keçirilir. Xəzər dənizində nəbə balıqlarının kommersiya ovuna dövlətlərarası beşərəfli Sazişin qəbuluna qədər, Xəzəryanı ölkələr ayrı-ayrılıqda nəbə balıqlarının ovu üzrə texniki moratoriumu saxlayırdılar. Lakin bütün bu tədbirlərə baxmayaraq, son illərdə nəbə balıqlarının ehtiyatının kəskin azalması nəticəsində, hətta onların süni çoxaldılması məqsədləri üçün ana-tərədici balıqların çatışmaması ilə bağlı çətinliklər yaranmışdır. Buna görə də son 10-15 il ərzində Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyinin nəzdində nəbə balıq ehtiyatlarının artırılması ilə məşğul olan 3 nəbə balıqartırma müəssisələrində süni üsulla alınmış və yetkin yaşadək böyüdülmüş ana-tərədici balıq fondları yaradılıb. Nəbə balıq ehtiyatlarının qorunub saxlanılmasına yönəldilmiş tədbirlər çərçivəsində bu nəbə balıqartırma zavodları tərəfindən Kür çayının Xəzər dənizinə düşən aşağı axarına hər il nəbə cinsli balıq körpələri buraxılır.

Xəzərin bioloji resursları dənizin səviyyə dəyişmələrinin, təbii və antropogen təsirlərin, həm də Xəzərə ümumi çay axımının 80%-ni təşkil edən, Volqa çayının təsirləri ilə formalaşır.

Mənşəyinə görə: avtoxton fauna – siyənək balığı, qayabalığı, nəbəkimilər, xərçənglər və s.; arktik növlər - xəzər qızıl balığı, suiti, xərçəngkimilər və s.; aralıq dənizi növləri - iynəbalıq, ateri, krevetka və s.; (Qasımov, Ə. 1994).

Xəzərdə bitkilərin 733 növü aşkar edilmişdir, onlardan ancaq 5 növü çiçəkli, qalanları isə yosunlardır. Yosunların ümumi sayının 449 növü planktonlarda cəmlənmişdir, onlardan: Şimali Xəzərdə – 414, Orta Xəzərdə – 225, Cənubi Xəzərdə – 71 növ-dür (Qasımov, 1987). Növ tərkibinin zənginliyinə görə diatom yosunlar fərqlənirlər (163 növ). Onlara Xəzərin demək olar ki, hər yerində rast gəlinir və onlar dənizin ümumi məhsuldarlığında

çox vacib rol oynayırlar. Fitoplanktonun tərkibində növ sayına görə ikinci yeri yaşıl yosunlar tuturlar (139 növ). Bunlardan, xüsusi çəkisi 90%-ə çatan, *Spirogyra sp.* və *Banuclearia lauterborni* ən əhəmiyyətliyədir. Xəzər planktonunda üçüncü yeri isə göy-yaşıl yosunlar tutur (102 növ). Onlara əsasən dənizin şirin sulu hissələrində, xüsusilə Şimali Xəzərdə rast gəlinir. Xəzər fitoplanktonunda dinofitlərin 39 növü yayılmışdır, onlar dənizin məhsuldarlığı və zooplanktonların qidalanmasında çox böyük rol oynayırlar. Dinofitlər arasında *Prorocentrum cordata* ən yaxşı inkişaf etmişdir və ona Xəzər dənizinin hər yerində rast gəlinir. Xəzər dənizində fitoplankton məhsulunun kütləsi 2 - 2,2 mlrd. tondur.

Xəzərdə zooplanktonun 315 növünə rast gəlinir, Şimali Xəzərdə – 216, Orta Xəzərdə – 196, Cənubi Xəzərdə – 184 növ (Qasımov, 1994). İnfuzorların payına Şimali, Orta və Cənubi Xəzərdə müvafiq olaraq 73, 112 və 108 növ düşür. Xəzər dənizinin zooplanktonunda əsas rolu *Limnocalanus grimaldii*, *Calanipeda aquae dulcis*, *Eurytemora grimmeri*, *E. minor*, *Acartia clausi* oynayır. Dayaz sahil sularında əsasən *C. aquae dulcis*, *Acartia clausi* növləri yaşayırlar, onlar suyun temperaturu və duzluluğunun dəyişməsinə asanlıqla uyğunlaşırırlar.

Xəzər zoobentosunda sərbəst hərəkət edən heyvanların 809 növü (parazitlik edən növlər daxil edilmir) aşkar edilmişdir, onlardan 502 növ mikrobentosun, 307 növ isə makrobentosun payına düşür. Bentos-dib heyvanları içərisində növünə görə üstünlüyü infuzorlar (305), ostrakodlar (88) və molyusklar (119) təşkil edirlər. Geoloji monitoring zamanı neft çirkənlənməsinin indikatoru olan makrobentos heyvanları çox əhəmiyyətliyədirlər.

Xəzər dənizində yaşayan müasir orqanizmlər üç əsas mənbəyə malikdir: Aralıq dənizi kompleksi; Arktik kompleks; Şirin su -çay kompleksi. **Fitoplankton:** Xəzər dənizində mövcud olan fitoplanktonun 450 növü mövcuddur. Bunlardan ən çox yayılanı Cyanophyta, Bacillariophyta və Chlorophyta'dır. Cənubi və Orta Xəzərin fitoplanktonu qarışıq dəniz, şor və şirin su formaları ilə təmsil olunur. Bundan fərqli olaraq isə Şimali Xəzərin fitoplanktonu şirin su formaları ilə təmsil olunur.

Xəzərin göy-yaşıl yosunlarının geniş tədqiqatı M.A.Nuriyeva tərəfindən aparılıb. O, Xəzər dənizinin qərb hissəsində 113 növ göy-yaşıl yosun müəyyənləşdirib. Göy-yaşıl yosunlar daha intensiv inkişaf edərək bərk substratların üzərində yayılır. Bu dövr yay-payız aylarını əhatə edir. Daha tez-tez su qatlarında rast gəlinən növlər-Oscillatoria redekei, Merismopedia punctata, M.tenuissima növləridir.

N.Ə.Axundovanın Cənubi Xəzərdə müəyyən etdiyi fitoplanktonların növ sayı 192 olmuşdur. 62 növ göy-yaşıl yosunlar, 2 növ evqlena, 2 növ qızılı yosunlar, 87 növ diatom yosunlar, 27 növ dinofit yosunlar və 12 növ yaşıl yosunlar.

Zooplankton: Xəzər dənizinin zooplankton müxtəlifliyinə Arktika, Aralıq dənizi və endemik növlərin nümayəndələri daxildir və 315 növünə rast gəlinir. Bunlardan 135 növ rotiferlər (Rotatoria), 50 növü kladoseranlar (Cladocera), 43 növ kopepodlar (Copepoda), 20 növ misidlər (Mysidacea), 18 növ cumacea (Cumacea), 73 növ amfipodalar (Amphipoda).

Xəzərdə 3 qrup zooplankton orqanizmlər ayırd edilir. 1. Suyun səthində yaşayan və yerini dəyişməyən orqanizmlər. Bunlara aiddir – 1. Floscularia mutabilis, Synchaeta vorax və s. Rotatorilər. 2. Suyun 200 metr-ə qədər dərinliyində yayılan növlər.Aiddir-Codonella relicta, Zoothamnium pelagicum, Ratulus marinus daxildir. 3. Gecə saatları suyun üst qatında, səhərlər dərin qatlarda olan növlər.Buraya aiddir - Limnocalanus grimaldii, Eurytemora grimmeri, Calanipeda aquae dulcis, Mysidacea və s.

Fitobentos: Xəzərdə 64 növ yosun, həmçinin 29 növ yaşıl yosun, 22 növ qırmızı yosun və 13 növ qəhvəyi yosun mövcuddur. 1954-cü ildə Volqa-Don kanalının açılması nəticəsində Qara dənizdən buraya yeni yosun növlərinin gətirilməsi baş verdi.

Zoobentos: Xəzər dənizinin bentik (bentos-dib) makrofaunası 13 sinifdən və 379 növdən təşkil olunmuşdur. Şimali Xəzərin bentik makrofaunası növ müxtəlifliyinə görə Orta və Cənubi Xəzərlə müqayisədə xeyli zəifdir. Cənubdan şimala doğru getdikcə yerli ikitaylıların və ilbizlərin, molyuskların, nematodların, turbellariyələrin, dərin dəniz amfipodlarının, izopodların və xərçəngkimilərin davamlı olaraq yoxa çıxması görünür.

Xəzər dənizi regionunun ali bitkilərinə 88 fəsilədən təxminən 950 növ daxildir. Onların əksəriyyəti ikiillik ot bitkiləri (766 növ), ardınca birillik ot bitkiləri (171) və yalnız 9 növ sporlu bitkilərdir. Dağlıq sahil bölgələrinin florası isə daha az zənginliyə malikdir və 35 ailədən cəmi 357 növdən ibarətdir. Bunların əksəriyyəti Asteraceae (65 növ) kimi geniş yayılmış ailələrə aiddir. Chenopodiaceae (48 növ) və Fabaceae (40 növ). Üstün böyümə forması otlardır və ümumi növlərin 86%-ni təşkil edir. Avropa, Sibir, İran-Turan və Aralıq dənizi florasının nümayəndələri var. Xəzər və Aral-Xəzər dənizlərinin florası çoxsaylı növlərlə təmsil olunmur, ancaq Qazaxıstanın 25 endemik növünü (7%) əhatə edir. Bunlardan altısı Qırmızı Kitaba daxil edilmişdir: Tulipa schrenkii, Crambe tatarica, Medicago komarovii, Lepidium meyeri, Rubia cretacea və Anthemis trozkiana. Ali su florasında Nelumbium caspica, Trapa natans, Aldrovanda vesiculosa, Zostera marina, Ruppia spiralis və başqa nadir və endemik növlər mövcuddur. **Məməlilər:** Su faunasında yeganə məməli- Xəzər suitisidir (Phoca (Pusa) caspica). **Quşlar:** 17 dəstəyə, 47 fəsiləyə və 141 cinsə xas olan ümumilikdə 466 quş növü mövcuddur. Bu quşlardan 120 növü çoxalır, 68 növü qışlayır, 278 növü isə köçəri həyat sürür.

Balıqçılıq və digər vacib canlı resurslar

Xəzər dənizində 17 fəsilədən təxminən 76-dan 126-ya qədər növ yaşayır. 156-ya qədər alt növü ola bilər. Onların əksəriyyəti isə sazan (formaların 33%-i), xulbalıq (28%) və siyənək (14%)-dir. Aralıq dənizi kompleksinin bir neçə nümayəndəsini çıxmaq şərtilə, əksər növlər yerlidir. Nəbə balıqları geniş yayılmışdır, çünki onlar yüksək duzluluğa uyğunlaşmışlar və hazırda bütün Xəzər dənizində yaşayırlar. Son əlli ildə insan fəaliyyəti nəticəsində, əsasən balıqçılıq və yaşayış mühitinin dəyişməsi səbəblərindən balıq populyasiyalarında çox böyük dəyişikliklər baş vermişdir.

Balıqların dörd əsas qrupu ayırd edilir: dəniz balığı (kilkə, siyənək və bəzi xul balığı), anadrom balıqlar (minoqa, qızılbalıq və bütün nəbə balığı (sterlet istisna olmaqla)), yarı anadrom balıqlar (Xəzər tarakanı, sazan, suflu və sterlet) və çay balığı (oxun, qırmızı və zəncəfil). Xəzər nəbə balığı ovu Xəzər kürüsünün iqtisadi dəyəri ilə məşhurdur. Bir zamanlar Xəzər dənizi dünya nəbə balığı ehtiyatlarının 85%-dən çoxunu təmin edirdi. Ancaq son illərdə Xəzər dənizində nəbə balığı ovu kəskin sürətdə azalmışdır. Balıqçılığa müvəqqəti qadağa ilə birlikdə tətbiq edilən kvota sistemi azalmış balıq populyasiyalarını bərpa etməkdə təsirsiz görünür.

Nəbə balığı: Nəbə balığı Xəzərdəki ən dəyərli kommersiya balıqlarıdır. Onların duzlu çay sularına yaxınlığı (ən bariz nümunə Şimali Xəzərdir) yaşaması üçün çox vacibdir. Xəzər dənizi Huso və Acipenser cinsinə aid altı növ və iki alt növ nəbə balığına malikdir.

Beluga (*Huso huso*) uzunluğu 4 metrədən çox və çəkisi 500 kq-a çatan ən böyük nəmə balığıdır. Çoxalma prosesi Volqa, Ural, Kür, Terek və Sefidrud çaylarında baş verir və ən vacib rolu oynayan Volqa çayıdır. Əsas çayların bəndlənməsi ilə balıqların miqrasiya arealı azalmışdır. Beluga balığı xul, siyənək, sazan və mizidlərlə qidalanır (ilk aylarında). Təxminən 20-ci əsrin əvvəllərində beluga, nəmə balığı ovunun təxminən 40%-ni təşkil edirdi. Hal-hazırda isə onun payı 10%-dən azdır.

Rus nəməsi (*Acipenser guldenstaedti*) ovun 40%-dən 50%-ə qədərini təşkil edir. Balıq, Volqa, Ural və Terek çaylarında yaşayır və əsas rolu Volqa çayı oynayır.

Fars nəməsi (*Acipenser persicus*) isə əsasən Orta və Cənubi Xəzərdə yaşayır və daha isti sular onun üçün üstün sayılır. Kür çayında kürü tökür, baxmayaraq ki, bəzi relikt nümunələr Volqa çayında və daha az miqdarda Ural çayında üzür. Onun qida rasionu qarışıqdır. Bentik onurğasızlar və digər balıqlarla qidalanır.

Ulduzlu nəmə balığı iki formada təmsil olunur: Şimali Xəzər (*Acipenser stellatus stellatus* Pallas) və Cənubi Xəzər (*Acipenser stellatus natio cyrenis* Berg). Hər iki forma dənizdə çox geniş yayılmışdır, ancaq Volqa, Ural, Terek, Kür və Sefidrud çaylarında kürü tökür. Ulduzlu nəmə balığının ən çox yayılmış kürü tökmə yeri Ural çayıdır. Ovlanan balıqlarda ulduzlu nəmə balığının payı son zamanlar çox artmışdır.

Tikanlı nəmə balığı (*Acipenser nudiventris*) Xəzər dənizinin nadir nəmə balığı hesab edilir. Tikanlı nəmə balığı Kür, Ural və Sefidrud çaylarında kürü tökür və nadir hallarda Volqa çayında rast gəlinir. Kür çayının bəndlənməsi prosesindən sonra Ural çayı tikanlı nəmə balıqları üçün ən vacib kürü tökmə mənbəyinə çevrildi. Tikanlı nəmə balığı balıq və bentik onurğasızlarla qidalanır, yəni qarışıq qidalanma tipinə sahibdir. Tikanlı nəmə balığının ovlanması hal-hazırda Ural çayında qadağandır, çünki ehtiyatlarının azalmasına görə bir neçə Xəzəryanı ölkənin Milli Qırmızı Kitabına daxil edilmişdir.

Cökə balığı (*Acipenser ruthenus*) da tikanlı nəmə balığı kimi Xəzər dənizində nadir bir nəmə növüdür. Volqa hövzəsində iki populyasiya vardır: biri Volqanın yuxarı və orta axınları ilə məhdudlaşan, digəri isə Xəzərin duzlu sularında qidalanan yarı-anadromludur. Orta Volqada cökə balığı ehtiyatları kəskin şəkildə azalmışdır; lakin Aşağı Volqada cökə balığı çoxalmışdır. Ural çayında da oxşar yarı-anadromlu populyasiyası mövcuddur.

Xəzər dənizi biomüxtəlifliyinə olan təsirlər

Son zamanlarda Xəzər dənizində insan fəaliyyəti, təbii faktorlar və iqlim dəyişmələri təsiri ilə çox böyük təhlükə yaranmışdır. Buna görə də təsir amillərinin öyrənilməsi çox vacibdir.

İlk öncə **antropogen** təsirlərdən bəhs edək. Hətta XIX əsrdə belə sənaye inkişaf etməsə də, Xəzərin zərərli maddələrlə çirklənməsi baş verirdi.

Neft sənayesində neft və yanacaq nefti ehtiyatları bir çox hallarda Abşeron dənizinə və göllərinə atılır, yandırılır və məhv edilirdi (Bəhramov və Mahmudov, 2014). Bu proses, Bakıda və sənaye mərkəzi olan Abşeron yarımadasında davamlı olaraq ətraf mühit çirklənməsinə səbəb olmuşdur və əhəlinin sağlamlığına çox ciddi ziyan vurmuşdur. Həmçinin Xəzərin həddindən artıq çirklənməsi canlı orqanizmlərin məhv olmasına, sahil ərazilər boyunca neft yataqlarında vaxtaşırı baş verən partlayışlar və quyulardan güclü neft püskürməsi ilə müşayiət olunur ki, bu da su hövzələrini, torpağı çirkləndirir və onlardan istifadəni məhdudlaşdırır. Bu proses sonrakı dövrlərdə də davam etmişdir.

Sovet birliyi dövründə də Xəzər dənizi və ətraf ərazilər ekoloji problemlərdən qurtula bilməmişdilər. Lakin, ölkədə ətraf mühitin mühafizəsinə az-çox diqqət yetirilib. Məsələn üçün deyə bilərik ki, 1978-1981-ci illərdə Heydər Əliyevin təşəbbüsü ilə Xəzər dənizinin ekoloji problemlərinin həll edilməsi üçün 114,8 milyon manat (rubl) ayrılmışdır (Həsənov, 2013). Qeyd edək ki, 1920-ci ilin aprel ayında Azərbaycan Xalq Cümhuriyyəti aradan qaldırıldıqdan sonra Respublikanın yerüstü və yeraltı sərvətləri milliləşdirildi və Sovet hakimiyyətinin yarandığı ilk illərində (1920) ətraf mühitin çirklənməsini nəzarətdə saxlamaq üçün sanitariya xidməti yaradıldı. Ancaq bu problemin praktiki cəhətdən həllinə lazımcına diqqət yetirilməmiş, yeni sənaye sahələrinin yaradılması və inkişafında çox zaman ətraf mühitin mühafizəsi məsələlərinə diqqət yetirilməmişdir.

1966-1967-ci illərdə paytaxtımızdan Xəzər dənizinə hər gün 150.000 kubmetr çirkli su axıdılırdı ki, bu məsələ də onu istifadəyə yararsız hala salırdı. Dəniz daşımalarında yüklərin 80%-i neft məhsullarından ibarət olduğuna görə, gəmilərdən hər il Xəzər dənizinə 15.000 ton neft axıdılırdı. Neft çıxarılan yataqlar da Bakı ətrafındakı kiçik göllərə mənfi təsir göstərirdi: Böyükşor, Xocahəsən, Qırmızı və Bülbülə dözülməz səviyyədə pis ekoloji şəraitdə idi və onların lay suyu artıq gölməçələrə çevrilirdi. Çirkəbli su dənizə axır, torpaqları bataqlığa çevirir, buxarlanır və havaya zəhərli maddələr buraxırdı (Əhmədov, 1989). Neftin quruda və ya dənizdə çıxarılmasından asılı olmayaraq, Xəzər dənizi sularında çirklənmənin səviyyəsi Sovet ittifaqı dövründə qəbul edilmiş normalardan dəfələrlə yüksək idi.

Kür çayında su anbarları tikintisi də ekoloji cəhətdən çox zərərli idi. Çaylar üzərində tikilmiş su anbarları Xəzərdə balıq ehtiyatlarının azalmasına səbəb olmuşdur. Nəticə etibarilə, çaylardan suvarma məqsədləri üçün suyun çəkilməsi ilə hidroloji balans pozulmuş və neft yataqlarından dənizə atılan tullantılar balıq ehtiyatlarının məhv olmasına səbəb olmuşdur. Xəzərin balıqçılıq əhəmiyyəti dünyaya məlumdur. Ölkənin daxili balıq ehtiyatının təxminən 40%-ni (0,4 min ton) təşkil edirdi. Çirklənməyə görə dənizin növ zənginliyi və ovlanma miqdarı ildən-ilə azalır və bəzi növlər artıq məhv olub. Volqa çayının mənsəbindən Xəzərə 425.000 ton zərərli üzvi və mineral maddələr daxil olurdu. Həştərxan vilayəti ərazisində dəniz suyunda altı dəfə çox neft məhsulları aşkar edilmişdir. Bir il müddətində Bakı körfəzindən Xəzər dənizinə 21.000 ton üzvi çirkləndiricilər axıdılmışdır. Təsədüf deyil ki, dəniz son 30-40 ildir ki, təmiz su çatışmamazlığı yaşayır. Bunun nəticəsində, Abşeron yarımadasından Bəndovan burnuna qədər, bir vaxtlar qızılbalıq, siyənək və kütüm balıqlarının bol olduğu yerdə balıqçılıq öz əhəmiyyətini itirmişdir (Yunusoğlu, 1991). Volqa və Kür çaylarının hövzələrində bir sıra su anbarlarının yaradılması da Xəzər dənizinin ekoloji vəziyyətinə mənfi təsir göstərmişdir. Bu proses, bir sıra dəyərli balıq növlərini ənənəvi formada kürü tökdüyü yerlərdən məhrum etdi. Beləliklə, Xəzər dənizi hövzəsinə axan əsas çaylarda hidroloji qurğuların tikintisi balıqların çoxalma üçün çaylara hərəkətini məhdudlaşdırır. Məsələn, Araz və Kür çayları üzərində Bəhramtəpə və Mingəçevir bəndləri tikildikdən sonra balıqların təbii çoxalma sahələri azalmışdır (Milli Hesabat, 2004).

Dəniz səviyyəsindəki dəyişikliklər də ətraf mühitə təsir göstərir. Dənizin səviyyəsi aşağı düşdükdə duzluluğun miqdarı artır, sahil zonasının məhsuldarlığı və sahəsi isə azalır. Dəniz səviyyəsi yüksəldikcə isə, xüsusilə böyük çay deltalarına birləşik ərazilərdə suyun duzluluq səviyyəsi azalır və qida ehtiyatları isə artmağa başlayır.

Xəzər dənizinin çirklənmə mənbəyi yalnız fiziki və kimyəvi səbəblərlə əlaqədar deyil. Baş verən bioloji çirklənmə də çox mühüm rol oynayır. Məsələn, bir neçə il əvvəl Xəzər dənizinin Türkmənistan ərazisində meduzaların gəmirici növləri aşkar edilmişdir. Xəzər dənizinə Volqa-Don kanalı vasitəsilə daxil olan bu Şimali Amerika onurğasız olan-Mnemiopsis leidyı Xəzər dənizində o qədər çox arealı əhatə edir ki, artıq onun kütləsi dəniz bioresurslarının ümumi kütləsindən çoxdur. Demək olar ki, bu canlı orqanizmin Xəzər dənizində başqa rəqibi yoxdur. İqlim şəraiti də onun çoxalması və yaşaması üçün olduqca əlverişlidir. Bu meduza növünün qidasını zooplanktonlar, kürü tökən balıqların sürfələri təşkil edir (siyəmək, kefal, killə və s.). Xəzər suitilərinin və nəmə balıqlarının əsas ovunu təşkil edən killə və siyəməklərin məhv olmasının, nəmə və suiti populyasiyalarının da kəskin azalmasına səbəb ola biləcəyinə inanılırdı. Bu hadisə, bəşəriyyət tarixində ən böyük ekoloji fəlakətlərdən birinə çevrilə bilər. Müqayisə üçün deyə bilərik ki, qiymətli balıq növlərinin populyasiyasının azalması səbəbindən onların kommersiya dəyəri də azalmışdır (Azov və Qara dənizlər üzrə Milli Hesabat, 2004).

Dəniz mühitinə təsir göstərən digər bir məsələ də Xəzəryanı ölkələrdəki sosial-siyasi proseslər və münaqişələrdir. Məsələn, 1991-ci ildə baş verən Rusiya-Çeçen müharibəsi Xəzərin ekosisteminə bir sıra problemlər yaratdı. Bu müharibə səbəbindən Xəzər dənizinin Rusiya sahillərində karbohidrogenlərin miqdarı yüksək həddə çatmışdı. Əlavə olaraq deyə bilərik ki, texnogen qəzaların sayı da xeyli artmışdır. Yaranan problemlərin bir çoxu təkcə Azərbaycan Respublikasını və digər Xəzəryanı dövlətləri deyil, həmçinin də dünyanın digər ölkələrini narahat edir. Artıq Xəzər dənizinin ən çirkli hissəsi olan Bakı şəhəri, bioloji olaraq "ölü körfəz" statusu qazanıb.

Xəzər dənizinin ekoloji vəziyyəti hal-hazırda çox ağırdır. Bu problem artıq ölü sahələrin əmələ gəldiyi sulara daha da kəskin vəziyyət alır. Bəzi zonalarda çirkləndirici maddə tullantıları normadan 15-20 dəfə çoxdur. Çirklənmə mənbələri, Xəzər dənizində olduqca müxtəlifdir. Onları aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

- 1) Xəzərə axan çaylardan gələn çirkləndiricilər;
- 2) Sahil ərazilərindəki şəhərlərdən və sənaye müəssisələri tərəfindən baş verən çirklənmə;
- 3) Dənizdə neft hasilatı və daşınmasından yaranan çirklənmə;
- 4) Dəniz səviyyəsinin yüksəlməsindən dolayı sahil zonalarında daşqın mənbələrinin törətdiyi çirklənmə.

Çirklənmənin əsas mənbələri çaylar vasitəsilə gətirilən çirkləndiricilərdir.

Məlumatlara görə, bunun da 95%-i Volqa çayından gəlir. Xəzər ətrafı dövlətlər arasında dənizin qorunması məsələsi ilə bağlı yekdil razılığın olmamasına görə brakonyerlik də geniş yayılıb. Çirklənmə və brakonyerliyin artması, həmçinin də Xəzər dənizi balıq təsərrüfatlarının tam fəaliyyət göstərə bilməməsi dənizdə bir çox növlərin, xüsusilə də nəmə balığının azalmasına səbəb olmuşdur. Dəniz səviyyəsində baş verən dəyişmələr sahil zonalarında həmişə sosial-iqtisadi və ekoloji problemlərə səbəb olmuşdur. Məsələn, dəniz səviyyəsi aşağı düşdüyü zaman, limanlar da daxil olmaqla, bütün hidravlik qurğular yenidənqurma işləri tələb edir. Xəzər faunasının yaşadığı və inkişaf etdiyi sahələr kiçilir və bu da balıqların çaylardan keçərək kürü tökməsi prosesinə mane olur (Newtimes.az).

Görülən tədbirlər

Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 20 iyun 2007-ci il tarixli "Xəzər dənizinin çirklənmədən qorunması ilə bağlı bəzi tədbirlər haqqında" Fərmanına əsasən Xəzər dənizində ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılması məqsədilə tədbirlər planı hazırlanmışdır. Qeyd olunur ki, sahil ərazilərindən axıdılan təmizlənməmiş çirkab suları Xəzər dənizini zərərli kimyəvi maddələrlə çirkləndirir və nəticədə Xəzərin biomüxtəlifliyi pozulur. Müvafiq tədbirlərin reallaşdırılması Xəzər dənizinin ekosisteminə insan fəaliyyəti nəticəsində yaranan antropogen təsirləri azaltmaqla dəniz biomüxtəlifliyinin və istirahət zonalarının bərpası proseslərinə töhfə verəcək və bu, artıq müsbət nəticələr verməkdədir.

Xəzər dənizinin sahillərində, bu sərəncama uyğun olaraq beynəlxalq standartlara uyğun olan modul tipli yerli təmizləmə qurğuları quraşdırılmışdır. Bu təmizləmə qurğuları ABŞ, İtaliya, Tayvan, Almaniya, Fransa və Türkiyədə istehsal olunmuş avadanlıqlardan ibarətdir və Türkiyədən gətirilmiş modulla təchiz olunmuşdur. Bu qurğuların ümumi həcmi gündəlik olaraq 4070 m³ çirkab su təşkil edir və neft saxlama avadanlıqları da buraya aiddir.

28 sentyabr 2006-cı il tarixli "Azərbaycan Respublikasında ekoloji vəziyyətin yaxşılaşdırılmasına dair 2006-2010-cu illər üçün kompleks tədbirlər planı haqqında" Sərəncama əsasən 2010-cu ilin sonuna qədər Hövsan kanalı qapalı kanala çevrilməli və Xəzər dənizinin giriş ərazisində bioloji təmizləyici qurğu tikilməli idi. Göstərilən müddətin bitməsinə baxmayaraq, Hövsan kanalının təxminən 4000 metri bağlanmış və dənizə çıxış ərazisində təmizləyici qurğuların tikintisi üçün tədbirlər görülməmişdir (<http://eco.gov.az/ru/102-xezer-denizi>). Xəzər dənizi qapalı hövzə olduğuna görə, sənaye sahələrinin inkişaf etməsi, təbii sərvətlərdən istifadə olunması və sahil ərazilərdə məhsuldar qüvvələrin yerləşdirilməsi, ümumilikdə, Xəzər regionunda ekoloji vəziyyəti müəyyən etməyə imkan verir. Uğurlu problem həlli üçün dövlətlərarası əməkdaşlıq zəruri hesab edilir.

Uzun illər ərzində SSRİ ilə İran İslam Respublikası arasında aparılan müzakirələrdə Xəzər dənizi məsələləri ön planda olmuşdur. Bu danışıqların əsas diqqət mərkəzində olan məsələlər, dənizin biomüxtəlifliyinin qorunmasına əhəmiyyət vermədən Xəzər dənizi sənayesinin inkişaf etdirilməsi və dəniz yolu ilə ticarət əlaqələrinin genişləndirilməsi idi. Amma müstəqilliyimizin bərpasından sonra ölkəmiz bu istiqamətdə mühüm irəliləyişlər əldə etmişdir. Məsələn, 4 noyabr 2003-cü ildə İranın paytaxtı Tehrandə Xəzəryanı beş dövlətin əsas nümayəndələri tərəfindən imzalanmış Xəzər dənizinin qorunması haqqında Çərçivə Konvensiyasının əsas müddəalarından olan "Çirklənmənin qarşısının alınması, azaldılması və nəzarəti" və "Dəniz ətraf mühitinin qorunması və bərpası"dır. Dediymiz müddəalar tərəflər arasında əməkdaşlıq üçün xüsusi imkanlar yaratmışdır. Əslində, hər bir Xəzəryanı dövlət "Xəzər dənizinin və ətraf mühitin qorunması" ilə bağlı müvafiq qanunlar və qərarlar qəbul edərsə, bu, regiona çox gözəl təsir göstərə bilər. Xəzəryanı dövlətlər regionda ən vacib olan iki sahədə ekoloji əməkdaşlığı nəzərdən keçirirlər:

- 1) balıqçılıq ehtiyatlarının istifadəsi, bərpası və qorunması;
- 2) çirkləndiricilərin və digər tullantıların azaldılması üçün həyata keçirilən birgə əməkdaşlıq.

Nəzərə alaq ki, bu sahədə az iş görülməmişdir. Son 20 ildə bu problemlərə son qoymaq üçün çoxsaylı layihələr, proqramlar və tədbirlər hazırlanıb, həyata keçirilmişdir. Buna misal olaraq deyə bilərik ki, 1995-ci ildə Avropa İttifaqı ölkələrinin və beynəlxalq maliyyə

təşkilatlarının dəstəyi ilə Xəzər dənizinin xüsusi təbiətini və onun mühafizəsinin necə vacib olduğunu qəbul edən Xəzər Ətraf Mühit Proqramı həyata keçirilmişdir (Aliqizi, 2003).

Bu işdə Xəzəryanı dövlətlərin yerli hökumət və qeyri-hökumət qurumları fəaliyyətə cəlb olunmuşdular. Xəzər Ətraf Mühit Proqramı Xəzəryanı ölkələrin iştirakı və beynəlxalq dəstək (Birləşmiş Millətlər Təşkilatının İnkişaf Proqramı, Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Ətraf Mühit Proqramı, Dünya Bankı və Aİ-nin Tasis Proqramı) ilə 1998-ci ildən başlayaraq Bakı şəhərində fəaliyyət göstərir. Bu proqramın əsas məqsədi Xəzər dənizinin ətraf mühitinin idarə olunmasını və davamlı inkişafını təşviq etməkdən ibarətdir. İlk öncə dörd il üçün nəzərdə tutulmuş bu proqram əsasən aşağıdakı nəzərdə tutulan fəaliyyətləri həyata keçirirdi:

1. Xəzər dənizində transsərhəd diaqnostik təhlillərin aparılması;
2. Xəzər dənizi inkişafı üçün Milli Fəaliyyət Planının hazırlanması;
3. Xəzər dənizinə məxsus ətraf mühitinin mühafizəsi üçün Çərçivə Konvensiyasının hazırlanması;
4. "Təkmilləşdirilmiş İnvestisiya Paketi" adlı layihənin reallaşdırılması.

Bu fəaliyyətlərin həyata keçirilməsi məqsədi ilə Xəzəryanı dövlətlərdə müxtəlif sahələrdə mərkəzlər yaradılmışdır. Məsələn, səhrələşməyə qarşı mübarizə, biomüxtəlifliyin qorunması və bərpası, çirklənmələrin qarşısının alınması və s.

Qeyri-hökumət sektorları həm də biomüxtəlifliyin monitorinqi və tədqiqat məsələlərində iştirak edir. Məsələn, British Petroleum (BP) şirkəti həm dəniz, həm də sahil zonalarının biomüxtəlifliyini izləyir. 2001-ci ildə Xəzəryanı dövlətlərin iştirakı ilə "Xəzər Dənizi Biomüxtəliflik Strategiyası və Fəaliyyət Planı" işlənib hazırlanmışdır. Neft və qaz hasilatının getdikcə artması ilə bu ərazidə yerləşərək fəaliyyət göstərən şirkətlərin həyata keçirdikləri layihələrin, ətraf mühitə etdiyi təsirin qiymətləndirməsi və edilən təhlilin nəticələrini öz fəaliyyətlərinə daxil etməsi ürəkaçan bir haldır. Bioloji Müxtəliflik Konvensiyasına istinad edilərək, Azərbaycan Respublikası tərəfindən üzərinə götürülmüş öhdəliklərin həyata keçirilməsini və bioloji ehtiyatların məhv olmaq təhlükəsinin qarşısını almaq məqsədilə kompleks tədbirlərin həyata keçirilməsini reallaşdırmaq üçün Dövlət Komissiyası yaradılmışdır (Əliyev, 2004).

Prezidentin 13 yanvar 2003-cü il tarixli "Xəzər dənizinin sahillərindən istifadənin tənzimlənməsinin təmin edilməsi haqqında" Fərmanı, sahil zonalarında ekoloji və sanitariya normalarına əməl edilmədən bir çox obyektlərin tikintisinin ətraf mühitə neqativ təsiri səbəbindən çox böyük əhəmiyyət kəsb edir (Əliyev, 2004).

Həyata keçirilən dövlət tədbirləri bu problemin həllində vacib rol oynayır. Azərbaycan Respublikası Milli Məclisi tərəfindən təsdiq edilmiş beynəlxalq ekoloji konvensiyalar içərisində Xəzər dənizinin problemləri üçün də böyük əhəmiyyət daşıyan "Sərhədsiz su axınlarının və beynəlxalq göllərin istifadəsi və mühafizəsi haqqında", "Biomüxtəliflik haqqında", "Nadir və nəsli kəsilməkdə olan fauna növləri haqqında", həmçinin də "Nəsli kəsilməkdə olan bitki növləri ilə beynəlxalq ticarət haqqında", "Beynəlxalq əhəmiyyətli bataqlıqlar haqqında", "Gəmilərdən yaranan çirklənmənin qarşısının alınması haqqında" və s. kimi konvensiyalar arasında ətraf mühitin qorunması ilə bağlı təxmini 30 qanun qəbul edilmişdir, eləcə də, "Balıqçılıq haqqında", "Ətraf mühitin mühafizəsi haqqında", "Ətraf mühitin təhlükəsizliyi haqqında" və başqaları. Həyata keçirilən qanunlar və qərarlar

(Xuduoğlu, 2006) Xəzər ərazisində uzun müddətdirki var olan ekoloji problemlərin həll olunması üçün çox vacib rol oynayır.

Bu sahədə ekoloji təhsil və maarifləndirmə tədbirləri də çox uğurlu olmuşdur. Demək olar ki, Təhsil Nazirliyinin müvafiq əmri əsasında Xəzər dənizi və unikal ekologiyası üzrə Respublika Ekoloji Təhsil və Təcrübə Mərkəzinin təşəbbüsü ilə təşkil edilən "Bizim Xəzərimiz" adlı milli müsabiqəsi Xəzər regionunda məktəblilər üçün ekoloji təhsil istiqamətində çox müsbət addımdır (Mahmudov, 2015).

Nəticə

Bildiyimiz kimi, Xəzər dənizi Bakı şəhərinin və regionun ekoloji balansının qorunmasında xüsusi rola malikdir. Ancaq Xəzər dənizinin hüquqi statusu hələ də qeyri-müəyyən olaraq qalır və bu məsələ də onun çirklənmədən mühafizəsini və nadir faunasının qorunması məqsədilə müxtəlif tədbirlərin həyata keçirilməsini məhdudlaşdırır. Lakin buna baxmayaraq, Azərbaycan Respublikası Xəzər dənizini çirklənmədən mühafizə etmək və dünyanın ən nadir balıq növlərinin, xüsusilə də nərə balıqlarının xilas edilməsi, həmçinin də lazımi infrastrukturun təşkil edilməsi üçün çox böyük sərmayələr qoymuşdur. Bu yöndə olan fəaliyyətlər son illərdə geniş vüsət alıb. Bunu da qeyd etmək lazımdır ki, təkcə 2010-cu ildə Xəzər hövzəsinə axıdılan çirkab sularının təmizlənməsi prosesi üçün infrastruktura təxmini olaraq 1 milyard manat xərclənmişdir. Azərbaycan dövləti Xəzər dənizini və ətraf suları çirklənmədən təmizləmək məqsədilə kompleks tədbirləri yerinə yetirən yeganə Xəzəryanı dövlətdir. Bu tədbirlərin sonrakı illərdə də həyata keçirilməsi Xəzər dənizinin daha da təmizlənməsinə gətirib çıxaracaq.

Təkliflər

Xəzər dənizinin biomüxtəlifliyini artırmaq və onu daha səmərəli şəkildə qorumaq məqsədilə qanunvericilik bazasının inkişaf etdirilməsi çox vacibdir;

Xəzər dənizi və sahiləyən ərazilərin təbii resurslarının istifadəsinin effektivliyini artırmaq üçün ictimai monitorinqin təşkilinə, həmçinin də hökumət tədbirlərinə və şəffaf şəkildə ekoloji qiymətləndirmə fəaliyyətinin aparılmasına əsaslı şəkildə diqqət ayrılmalıdır;

QHT-lərin (qeyri-hökumət təşkilatları) Xəzər dənizi ilə bağlı layihələrdə ətraf mühitin mühafizəsinə dair məsələlərdə yüksək dərəcədə iştirakını təmin etmək vacibdir;

Ekoloji təhsilin təbliğini genişləndirmək lazımdır;

Xəzər dənizinin ekoloji problemlərini və ümumilikdə ekologiyasını əks etdirən elmi nəşrlər və elektron media vasitələrini yaratmaq və onların sayını, tezliyini artırmaq vacibdir;

Xəzərdə yaranan ekoloji problemlərin qlobal əhəmiyyəti göz önünə alınaraq, bununla bağlı materiallar məktəblər üçün müvafiq dərs vəsaitlərinə ayrıca bir bölmə kimi daxil edilməlidir və digər müəssisələrdə də bu mövzuya daha çox yer verilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Allahverdiyev, B.N., Qurbanova, G.A. (2008). Xam neftin peroksidləşmə oksidləşmə məhsullarının müxtəlif konsentrasiyalarda balıqların müxtəlif toxumalarında öyrənilməsi. Tətbiqi biologiya problemləri üzrə Respublika elmi konfransı. Bakı: Bakı Universiteti

2. Azərbaycan İnsan İnkişafı Hesabatı 1997. Birləşmiş Millətlər Təşkilatının İnkişaf Proqramı. Bakı: A4 OFSET, 1997, s.112
3. Azərbaycan Respublikasında İnsan İnkişafı haqqında Hesabat 1999. BMT İnkişaf Proqramı. Bakı: QAPP-Poliqraf, 1999, s. 72
4. Azərbaycan Respublikasının biomüxtəlifliyi üzrə ölkə tədqiqatı. Bioloji Müxtəliflik Konvensiyası üzrə Birinci Milli Hesabat / C.Əliyevin redaktəsi ilə. Bakı: AMEA, Əlfərul, 2004, s. 160
5. Babayev, İ., Əsgərov, F., və Əhmədov, F. (2007). Bioloji müxtəliflik: Xəzər dənizinin Azərbaycan hissəsinin su quşları. Bakı: Nurlar, s. 136
6. Bəhramov, J., Mahmudov, Y. (2014). Müasir dövrdə Azərbaycan Respublikasında yeni sənaye sahələrinin inkişafı və ortaya çıxan ekoloji problemlər (1991-2011). Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Tarix İnstitutunun elmi əsərləri, s. 37-49,51
7. Bəhramov, J.A. (1999). Azərbaycan dəniz neft sənayesinin yaranma və inkişaf tarixi (1949-1960). Fəlsəfə doktoru dissertasiyası, Bakı, 1999, Səh 168.
8. Ə.H.Qasimov. Xəzər dənizi planktonunun ekologiyası, Bakı, Adiloğlu nəşriyyatı, 2004, s. 28-36., s.37-47
9. Əhmədov, R. (1989). Xəzər sözdə və əməldə. Elm və həyat, 4, s. 1-2
10. Əliyev, G.A, Axundov, N.G. (1970). Azərbaycan SSR-də təbiətin mühafizəsinin vəziyyəti. Azərbaycan SSR Elmlər Akademiyasının Xəbərləri. Bioloji elmlər seriyası. Səh 6-12
11. Əsgərov, A.A., Aliyev, F.Q., Hüseynov, E.M., və Aliyev, S.T. (2007). Müasir ekologiya. I hissə. Dərslik s. 416
12. Əsgərov, F.S., Zaytsev Y., Qasimov R., & Quliyev Z. (2003). Bioloji müxtəliflik: sirli Xəzər dənizinin balıqları. Bakı: Man-XXI, s.164
13. Gül, G. (1968). Xəzər problemi. Elm və Həyat, s. 8-11
14. Həsənov, A. (2013). Ekoloji tarazlığın təmin edilməsi. Heydər Əliyev. İki cildə, Bakı: Turxan, s. 375-383
15. Həsənov, A.Ş. (1997). Azərbaycan Ekologiyası, Təbiətin Mühafizəsi, 1969-1998. Bakı: PressAlliance
16. Xuduoğlu, Ş. (2006). Azərbaycan Respublikasının ekoloji qanunvericiliyi (normativ-hüquqi aktlar toplusu). Bakı: Qanun, s. 884
17. Qəribov, İ., Məmmədəliyev, F., Kərimova, X. (1987). Yenidən istehsal üçün tullantılar. Elm və həyat, s. 5
18. Mahmudov, Y. (2014). Sovet İttifaqı dövründə Azərbaycanda ekoloji problemlər və onların mənfi təsirləri. Qafqaz və dünya, №18, s. 105-109
19. Mahmudov, Y.M. (2015). Ətraf mühitin mühafizəsində ekoloji təlim və təcrübənin əhəmiyyəti. Azərbaycan Məktəbi, s. 67-69
20. Mustafayev, G.T, Sadıqova N.A, Məmmədov A.T. & Qarabəyli F.Z. (2011a). Onurğalılarda ekologiyası. Bakı: Bakı Universiteti, s. 344

21. Mustafayev, G.T., Sadıqova N.A., İsgəndərov T.M. (2011b). Azərbaycan faunasının (onurğalılarda) taksonomiyası və coğrafiyası. Bakı: Bakı Universiteti, s. 208
22. Salmanov, M.A. (1993). Tətbiqi Ekologiya. Bakı: Bayatı, s. 192
23. Sultanzadə, F., Hübətova, S. (2001). Xəzər biomüxtəlifliyinin monitorinqinin əsasları. Ekologiyayı öyrənənlər üçün bir vasitə. Bakı: EkoSfera, s. 160
24. Yusifov, Y., Bünyadov, Z. (2007). Azərbaycan tarixi (ən qədim dövrlərdən XX əsrə qədər). Bakı: Çıraq, s. 720

SUMMARY

The Caspian Sea, the largest enclosed body of water in the world, boasts a rich ecosystem and biodiversity. It also holds significant ecological and economic potential. The Caspian ecosystem is characterized by a wealth and diversity of rare species. The flora and fauna of the Caspian Sea are renowned for their diversity, home to approximately 500 plant species and over 850 animal species. Some of these species are endemic, meaning they are found only in the Caspian Sea. However, in recent years, the ecosystem has undergone significant changes due to human impact, climate change, and the increase in invasive non-native species. Waste discharge (primarily industrial and domestic) into the sea, oil and gas production, intensive exploitation of biological resources, and the development of urbanization in coastal areas have led to a decline in aquatic quality and the decline of many species. Polluted waters and oil residues discharged into the Caspian Sea disrupt the oxygen balance in the water, creating unfavorable conditions for living organisms.

*The introduction of invasive alien species into the Caspian Sea, such as *Mnemiopsis leidyi* (the rodent jellyfish), has disrupted the ecological balance, seriously affecting plankton and fish populations, leading to structural disruptions in the food chain. Furthermore, changes in water level, salinity, and temperature are key factors in the distribution of biological resources.*

The article notes that conserving the biodiversity of the Caspian Sea requires ongoing environmental monitoring, developing waste management systems, and restoring coastal ecosystems. International cooperation and scientific research are also important.

Conserving the biodiversity of the Caspian Sea is therefore crucial and urgent for maintaining the ecological balance of the environment and ensuring the sustainable provision of natural resources for future generations.

Keywords: Caspian Sea, biodiversity, ecosystem, endemic, anthropogenic, invasive, zooplankton, phytoplankton, zoobenthos, phytobenthos, sturgeon, ciliates, jellyfish, environment, impact factors, measures

РЕЗЮМЕ

Каспийское море, крупнейший замкнутый водоем в мире, обладает богатой экосистемой и биоразнообразием. Каспийское море также обладает большим экологическим и экономическим потенциалом. Экосистема Каспия характеризуется богатством и разнообразием редких видов. Флора и фауна Каспийского моря известны своим разнообразием. Здесь обитает около 500 видов растений и более 850 видов животных. Некоторые из этих видов являются эндемиками, то есть встречаются только в Каспийском море. Однако в последние годы экосистема претерпела серьезные изменения из-за воздействия человека, изменения климата и увеличения численности инвазивных неместных видов. Сброс отходов (в основном промышленных и бытовых) в море, добыча нефти и газа, интенсивная эксплуатация биологических ресурсов и развитие процесса урбанизации в прибрежных районах привели к снижению качества водной среды и сокращению численности многих видов. Загрязненные воды и нефтяные остатки, сбрасываемые в Каспийское море, нарушают кислородный баланс в воде, а живые организмы создают неблагоприятные условия для жизни.

Внедрение в Каспийское море инвазивных чужеродных видов, таких как *Mnemiopsis leidyi* (медуза-грызун), нарушило экологическое равновесие, серьезно повлияв на планктон и популяции рыб, что привело к структурным нарушениям в пищевой цепочке. Кроме того, изменение уровня воды, солености и температуры являются ключевыми факторами распределения биологических ресурсов.

В статье отмечается, что для сохранения биоразнообразия Каспийского моря необходимо проводить постоянный экологический мониторинг, развивать систему управления отходами и восстанавливать прибрежные экосистемы. Другим важным вопросом является международное сотрудничество и научные исследования.

Следовательно, сохранение биоразнообразия Каспийского моря крайне важно и актуально с точки зрения экологического равновесия окружающей среды и устойчивого удовлетворения потребностей будущих поколений в природных ресурсах.

Ключевые слова: Каспийское море, биоразнообразие, экосистема, эндемичный, антропогенный, инвазивный, зоопланктон, фитопланктон, зообентос, фитобентос, осетровые, инфузории, медузы, окружающая среда, факторы воздействия, меры

YAŞIL KİMYANIN İQTİSADI MODELİ: EKOLOJİ TƏMİZ REAKSİYALARIN SƏNAYELƏRƏ TƏDBİQİNİN NƏZƏRİ ƏSASLARI VƏ BİZNES ÜSTÜNLÜKLƏRİ

AYXAN MƏMMƏDLİ

ayxan.memmedli.official.99@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan şəhəri, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu məqalə yaşıl kimyanın iqtisadi modelini, ekoloji təmiz kimyəvi proseslərin sənayedə tətbiqinin nəzəri bazasını və bu yanaşmanın biznes üçün yaratdığı üstünlükləri təhlil edir. Müasir sənaye sektorunda ənənəvi kimyəvi proseslər həm istehsal xərclərinin artmasına, həm də ekoloji risklərin güclənməsinə səbəb olur. Yaşıl kimya isə bu problemləri minimallaşdırmaq üçün 12 əsas prinsipə söykənən yeni istehsal fəlsəfəsi formalaşdırır. Məqalədə, yaşıl kimyanın əsas nəzəri çərçivələri – atom iqtisadiyyatı, enerji səmərəliliyi, təhlükəsiz reagent seçimi, tullantısız və ya minimum tullantılı sintez kimi anlayışlar geniş şəkildə izah olunur. Bununla yanaşı, ekoloji təmiz reaksiyaların sənaye istehsalına integrasiyasının iqtisadi səmərəliliyi, innovativ texnologiyalar vasitəsilə müəssisələrin xərclərə qənaət imkanları və rəqəbat üstünlüyü məsələləri araşdırılır. Analiz göstərir ki, yaşıl kimyanın tətbiqi yalnız ekoloji təhlükəsizliyə xidmət etmir, həm də şirkətlərin uzunmüddətli mənfəətliliyini artırır, korporativ reputasiyanı gücləndirir və global bazarda dayanıqlı inkişaf strategiyalarına uyğunluq yaradır. Məqalənin nəticələrinə əsasən, yaşıl kimya sənaye müəssisələri üçün həm ekoloji, həm texnoloji, həm də iqtisadi baxımdan perspektivli inkişaf modelidir və gələcək sənaye transformasiyasının əsas istiqamətlərindən biri kimi qiymətləndirilə bilər.

Açar sözlər: Yaşıl kimya, iqtisadi model, ekoloji təmiz reaksiyalar, sənaye kimyası, dayanıqlı istehsal

Giriş

XXI əsrdə sənayeləşmənin sürətlənməsi ilə bir çox sahələrdə kimyəvi istehsalın həcmi kəskin şəkildə artmışdır. Bununla yanaşı, ənənəvi kimyəvi proseslərin yaratdığı ekoloji çirklənmə, toksik tullantılar və enerji sərfiyyatı global miqyasda ciddi problemlərə səbəb olur. Bu vəziyyət həm dövlət strukturlarını, həm də özəl sektorları yeni və daha təhlükəsiz istehsal modellərinə keçidə məcbur edir. Yaşıl kimya – kimyəvi reaksiyaların ekoloji cəhətdən təmiz, təhlükəsiz və iqtisadi səmərəli şəkildə həyata keçirilməsi prinsiplərini özündə birləşdirən konsepsiya – sənayenin modernizasiyasında əsas istiqamət kimi qəbul edilir. Bu məqalədə yaşıl kimyanın nəzəri prinsipləri, onun iqtisadi modeli və sənayedə tətbiqinin biznes üstünlükləri geniş şəkildə təhlil olunur. Məqsəd yaşıl kimyanın yalnız ekoloji deyil, həm də iqtisadi baxımdan müəssisələr üçün niyə ən optimal inkişaf strategiyası olduğunu göstərməkdir.

Yaşıl kimyanın nəzəri əsaları

Yaşıl kimyanın konsepsiyası 1990-cı illərdə formalaşmış və Paul Anastas ilə John Warner tərəfindən irəli sürülmüşdür. Onlar kimyəvi reaksiyaların ekoloji risklərini minimuma endirmək üçün 12 prinsip müəyyən etmişdir. Bu prinsiplərin nəzəri mahiyyəti sənayedə daha təhlükəsiz reagentlərin seçilməsi, zəhərli maddələrin əvəzlənməsi, enerji və

xammal sərfiyyatının azaldılması, reaksiya mexanizmlərinin optimallaşdırılması və atom iqtisadiyyəti kimi anlayışlarla sıx bağlıdır.

Atom iqtisadiyyatı

Atom iqtisadiyyatı sintezə daxil olan atomların maksimum dərəcədə son məhsula keçməsinə nəzərdə tutur. Bu həm xammal itkisinin azalması, həm də tullantıların minimuma enməsi deməkdir. Müasir sənaye proseslərində atom iqtisadiyyatı yüksək olan reaksiya sxemləri həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan üstün hesab edilir.

Enerji səmərəliyi

Enerji intensiv proseslər sənaye müəssisələrinin xərclərinin əhəmiyyətli hissəsini təşkil edir. Yaşıl kimya aşağı temperatur və təzyiqdə baş verən reaksiyaları təşviq etməklə enerji sərfiyyatını azaldır. Bu isə həm xərclərə qənaət, həm də karbon emissiyasının azalması ilə nəticələnir.

Toksik reagentlərin əvəzlənməsi

Yaşıl kimya zəhərli solventlərin, ağır metallı katalizatorların və partlayıcı maddələrin istifadəsini minimuma endirməyi qarşıya məqsəd qoyur. Onların əvəzinə su əsaslı sistemlər, bioloji katalizatorlar (fermentlər) və təhlükəsiz reagentlər seçilir.

Ekoloji təmiz reaksiyaların sənayedə tətbiqi

Kimyəvi sənayedə transformasiya

Kimyəvi sənaye ən ənənəvi sahələrdən biri olsa da, son illər yaşıl kimyaya keçid prosesi sürətlənmişdir. Məsələn, farmasevtika şirkətləri istehsal zəncirində fermentativ katalizdən geniş istifadə edir. Polimer sənayesində bioloji mənşəli xammallara üstünlük verilir.

Tullantısız texnologiyalar

Tullantısız istehsal yanaşması sənayedə böyük iqtisadi səmərə yaradır. Mövcud tədqiqatlara əsasən, tullantıların utilizasiyası istehsal xərclərinin 15–30%-ni təşkil edir. Tullantının azalması həm maliyyə yükünü, həm də ekoloji məsuliyyəti azaldır.

Dövri iqtisadiyyat modeli

Yaşıl kimya dövri iqtisadiyyat konsepsiyasının əsasını təşkil edir. Məhsulların təkrar emal oluna bilməsi, materialların yenidən istifadəsi, xammal dövriyyəsinin optimallaşdırılması şirkətlər üçün davamlı gəlir mənbəyi yaradır.

Yaşıl kimyanın biznes üstünlükləri

İstehsal xərclərinin azalması

Təmiz texnologiyalar uzunmüddətli perspektivdə müəssisələrin xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır. Xammala qənaət, enerji sərfiyyatının azalması və tullantıların minimuma enməsi maliyyə yükünü aşağı salır.

Rəqabət qabiliyyətinin artması

Qlobal bazarda ekoloji standartlara cavab verən məhsulların tələbatı artır. Yaşıl kimyaya keçən şirkətlər beynəlxalq sertifikatlar əldə etməklə bazarda üstün mövqeyə sahib olur.

Korporativ sosial məsuliyyət

İstehsal müəssisələrinin ekoloji məsuliyyətə önəm verməsi onların reputasiyasını gücləndirir. Bu isə həm investor marağını, həm də istehlakçı etibarını artıran amildir.

Hüquqi tənzimləmələrə uyğunluq

Dünyada ekoloji normativlər getdikcə sərtləşdiyindən, yaşıl kimyanın tətbiqi şirkətləri hüquqi risklərdən qoruyur və sanksiyalardan azad edir.

Nəticə

Aparılan təhlillər göstərir ki, yaşıl kimyanın iqtisadi modeli müasir sənayenin dayanıqlı inkişafı üçün ən optimal yanaşmalardan biridir. Ekoloji təmiz reaksiyaların tətbiqi həm ətraf mühitə zərərin azaldılmasına, həm də istehsalın səmərəliliyinin artırılmasına şərait yaradır. Yaşıl kimya prinsiplərinə əsaslanan istehsal strategiyaları xərclərin azaldılması, rəqabət üstünlükləri, korporativ etibarın yüksəlməsi və elmi-texnoloji innovasiyaların tətbiqi baxımından müəssisələrə ciddi üstünlüklər təmin edir. Buna görə də gələcək sənaye modellərinin yaşıl kimya əsasında qurulması qaçılmazdır və qlobal miqyasda iqtisadi sabilliyin təmin edilməsində mühüm rol oynayacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). Green chemistry: Theory and practice. Oxford University Press
2. Clark, J., & Macquarrie, D. (2002). Handbook of green chemistry and technology. Blackwell Science
3. Sheldon, R. A. (2017). Green chemistry and resource efficiency: towards a green economy. Green Chemistry, 19(1), 18-43
4. UNEP. (2023). Global Chemicals Outlook. United Nations Environment Programme.
5. Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., & Leitner, W. (2020). Designing for a green chemistry future. Science, 367(6476), 397-400

SUMMARY

This article analyzes the economic model of green chemistry, the theoretical basis for the application of environmentally friendly chemical processes in industry, and the business advantages of this approach. In the modern industrial sector, traditional chemical processes lead to increased production costs and heightened environmental risks. Green chemistry, however, establishes a new production philosophy based on 12 key principles to minimize these problems. The article explains the main theoretical frameworks of green chemistry—atom economy, energy efficiency, safe reagent selection, and waste-free or minimum-waste synthesis. Additionally, it examines the economic efficiency of integrating environmentally friendly reactions into industrial production, cost-saving opportunities through innovative technologies, and competitive advantages for companies. The analysis shows that applying green chemistry not only ensures environmental safety but also increases long-term profitability, strengthens corporate reputation, and aligns with sustainable development strategies in the global market. Based on the results, green chemistry represents a promising development model for industrial enterprises in ecological, technological, and economic terms and is considered one of the main directions for future industrial transformation.

Keywords: Green chemistry, economic model, environmentally friendly reactions, industrial chemistry, sustainable production

РЕЗЮМЕ

В данной статье анализируется экономическая модель зелёной химии, теоретические основы применения экологически чистых химических процессов в промышленности и бизнес-преимущества данного подхода. В современном промышленном секторе традиционные химические процессы приводят к росту производственных затрат и увеличению экологических рисков. Зелёная химия, однако, формирует новую философию производства, основанную на 12 ключевых принципах, для минимизации этих проблем. В статье подробно рассматриваются основные теоретические рамки зелёной химии: атомная экономичность, энергетическая эффективность, выбор безопасных реагентов и синтез с минимальными или отсутствующими отходами. Кроме того, исследуется экономическая эффективность интеграции экологически чистых реакций в промышленное производство, возможности сокращения затрат с помощью инновационных технологий и конкурентные преимущества для предприятий. Анализ показывает, что применение зелёной химии не только обеспечивает экологическую безопасность, но и увеличивает долгосрочную прибыльность, укрепляет корпоративную репутацию и соответствует стратегиям устойчивого развития на глобальном рынке. По результатам исследования зелёная химия представляет собой перспективную модель развития промышленных предприятий с экологической, технологической и экономической точек зрения и рассматривается как одно из основных направлений будущей индустриальной трансформации.

Ключевые слова: Зелёная химия, экономическая модель, экологически чистые реакции, промышленная химия, устойчивое производство

BƏRPA OLUNAN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN İNTEQRASIYASI: EKOLOJİ VƏ İQTİSADİ BALANS

AYNUR RÜSTƏMOVA

<https://orcid.org/0009-0009-2940-8388>

Aynurhesenova1122@icloud.com

Mingəçevir Dövlət Universiteti

SEVDA MƏMMƏDOVA

sf071010@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0003-4828-4305>

XÜLASƏ

Müasir dünya yaşıl gələcəyə doğru irəliləyir və bu keçidin əsas aspekti bərpa olunan enerji mənbələrinin (BOE) elektrik şəbəkəsi layihələrinə integrasiyasıdır. Bu, həm mühəndislik cəmiyyəti, həm də karbon izini azaltmaq və enerji səmərəliliyini artırmaq istəyən müəssisələr üçün vacib bir vəzifədir. Bərpa olunan enerji mənbələrinə diqqət yetirməyinizin bəzi əsas səbəbləri:

1. CO₂ emissiyalarının azaldılması. Külək və günəş elektrik stansiyaları enerji istehsalı prosesində demək olar ki, heç bir karbon dioksid buraxmır.
2. Sabit xərclər. Günəş panellərinin və külək turbinlərinin qiyməti zamanla azalır, bu da bu texnologiyaları müəssisələr və fərdlər üçün əlçatan edir.
3. Yanacaq təchizatçılarından asılılığın azaldılması. Günəş və küləyin sahibi yoxdur, onların resursları pulsuzdur.
4. İnnovasiya və böyümə. Bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəsi enerji saxlama, şəbəkənin optimallaşdırılması və ağıllı idarəetmə üçün yeni texnologiyaların inkişafına stimül verir.

Enerji istehsalında bərpa olunan resursların payının artması, həm ekoloji tarazlığın bərpasına, həm də iqtisadiyyatın uzunmüddətli dayanıqlılığının güclənməsinə xidmət edir. Ənənəvi enerji daşıyıcılarından fərqli olaraq, alternativ enerji mənbələri tükenməzdir və onların istismarı zamanı ətraf mühitə zərərli tullantılar minimum səviyyədə olur. Bununla yanaşı, bu sahənin inkişafı yeni iş yerlərinin yaranmasına, regionların sosial-iqtisadi potensialının artmasına və texnoloji innovasiyaların tətbiqinə imkan verir.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin integrasiyasında müxtəlif müasir texnologiyalar tətbiq olunur. Günəş enerjisi sahəsində fotovoltaiq panellər, istilik sistemləri və güzgülü konsentrsiya qurğuları vasitəsilə günəş radiasiyası elektrik və istilik enerjisinə çevrilir. Külək enerjisi istehsalı üçün yerüstü və dənizüstü turbinalar, eləcə də onların işini tənzimləyən ağıllı idarəetmə sistemləri istifadə edilir. Su enerjisində əsasən hidroelektrik stansiyalar, kiçik hidroqurğular və dalğa, qabarma-çəkilmə texnologiyaları tətbiq olunur. Bioenerji sahəsində biokütlənin yandırılması, bioqaz istehsalı və bioloji yanacaq (biodizel, bioetanol) texnologiyaları mühüm yer tutur. Geotermal enerji isə yerin daxili istilik mənbələrindən istifadə etməklə elektrik və istilik təminatında tətbiq olunur. Bu texnologiyaların birgə istifadəsi enerji təhlükəsizliyini artırır, ekoloji yükü azaldır və iqtisadi səmərəliliyi təmin edir. Bu məqsədlə dövlət siyasətində stimullaşdırıcı mexanizmlərin, investisiya təşviqlərinin və elmi-tədqiqat layihələrinin rolu xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Nəticə etibarilə, bərpa olunan enerji mənbələrinin enerji balansına daxil edilməsi həm ətraf mühitin qorunması, həm də iqtisadi inkişafın davamlı təminatı üçün mühüm addımdır. Ekoloji və iqtisadi maraqların uzlaşdırılması gələcək nəsillər üçün daha sağlam və sabit enerji sisteminin formalaşmasına zəmin yaradır.

Açar sözlər: ekoloji tarazlıq, bərpa olunan enerji, bioloji yanacaq, geotermal enerji

DAYANIQLI ENERJİ KONTEKSTİNDƏ BIOENERJİNİN ROLU

CABİR MİRZAI

jabirmirzai@gmail.com
Bakı Biznes Universiteti
Bakı, Azərbaycan

ŞƏHLA NƏZƏROVA

shahlanazarova21@gmail.com
Azərbaycan Dövlət İqtisad
Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Son illərdə global enerji sistemi sürətlə dəyişməkdədir. Sənayeləşmə, urbanizasiya, texnoloji inkişaf və əhali artımı enerji tələbatının əhəmiyyətli dərəcədə artmasına səbəb olmuşdur. Eyni zamanda iqlim dəyişikliyi, global istiləşmə və qalıq yanacaq resurslarının tükənməsi ilə bağlı narahatlıqlar bərpa olunan və dayanıqlı enerji mənbələrinə diqqəti artırmışdır. Bu kontekstdə bioenerji, həm qalıq yanacaqlardan asılılığın azaldılmasına, həm karbon emissiyalarının minimuma endirilməsinə, həm də enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasına töhfə verən perspektivli alternativ enerji mənbəyi kimi ön plana çıxır. Bioenerji həm istilik və elektrik enerjisinin istehsalında, həm də müxtəlif bərk, maye və qaz formalı bioyanacaqların hazırlanmasında geniş tətbiq imkanlarına malikdir.

Bu tədqiqatın əsas məqsədi bioenerji resurslarının potensialını sistemli şəkildə qiymətləndirmək, biokütlə və bioyanacaq istehsalının effektivliyini müəyyən etmək və onların enerji sektorunda tətbiq imkanlarını araşdırmaqdır. Tədqiqat metodologiyası mənbələrin analizi, statistik məlumatların işlənməsi, bioyanacaq istehsal texnologiyalarının müqayisəli təhlili əhatə edir. İşin elmi əhəmiyyəti global enerji təhlükəsizliyinin təmin olunması, karbon emissiyalarının azaldılması və dayanıqlı enerji mənbələrinin inkişafı baxımından aktualdır. Tədqiqatın orijinallığı bioenerjinin iqtisadi, ekoloji və texnoloji aspektlərinin integrativ təhlilinin aparılmasında və gələcək enerji strategiyalarında bioyanacaqların istifadəsinin araşdırılmasında özünü göstərir.

Bioenerjinin səmərəli istifadəsi tullantıların idarə olunmasını, iqtisadi imkanların genişləndirilməsini və regional enerji təminatının gücləndirilməsini təmin edir. Proqnozlara görə, bioenerjinin global enerji balansındakı payı artacaq və istixana qazı emissiyalarının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına imkan yaradacaq. Beləliklə, bioenerji yalnız enerji istehsalında deyil, həm də dayanıqlı inkişaf və ətraf mühitin qorunması məqsədlərinə nail olunmasında strateji əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: bioenerji, bioyanacaq, biokütlə, bioqaz

Giriş

Bioenerji, qalıq yanacaqlardan asılılığın azaldılması və enerji təhlükəsizliyinin gücləndirilməsi yolu ilə Dayanıqlı İnkişaf Məqsədlərinə (SDG-lərə) nail olunmasına əhəmiyyətli töhfə verə bilən perspektivli alternativ kimi ön plana çıxır. Bioenerji adətən karbon neytral hesab edilir, çünki biokütlə emalı prosesində atmosfərə buraxılan karbon dioksid, biokütlə böyümə mərhələsində bitkilər tərəfindən udulan karbon dioksiddə kompensasiya olunur. Tədqiqatlara əsasən, elektrik enerjisi istehsalında biokütlə yanacaq kimi istifadə edildikdə CO₂ emissiyaları təxminən 95% azala bilər (Munawar və b., 2021). Hazırda bioenerji bərpa olunan enerji mənbələri arasında ən iri paya malikdir və iqlim dəyişikliyinə təsirlərinin azaldılması, enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsi və yerli həmçinin regional biokütlə təchizat zəncirləri vasitəsilə iqtisadi gəlirlərin artırılması

baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu səbəbdən bioenerji, qalıq yanacaqlardan asılılığın azaldılması, dekarbonizasiya prosesinin sürətləndirilməsi və global iqlim dəyişikliklərinin təsirlərinin yumşaldılmasında strateji rol oynayır. Hazırda, biokütlə illik təqribən 5×10^{19} kJ enerji istehsalı ilə global enerji istehlakının 10%-ni təşkil edir və bu göstəricinin 2050-ci ilə qədər 150×10^{19} kJ-a yüksələcəyi proqnozlaşdırılır (Alper və b., 2020).

Lakin bioenerji potensialının effektiv reallaşdırılması üçün resursların səmərəli idarə olunması və məqsədyönlü siyasət çərçivələrinin formalaşdırılması vacibdir. "Təmiz İnkişaf Mexanizmi" (CDM) kimi beynəlxalq təşəbbüslər çərçivəsində bioenerji istixana qazı (GHG) emissiyalarının azaldılmasına, global iqlim məqsədlərinə nail olunmasına və inkişaf etməkdə olan ölkələrdə əlçatan, bərpa olunan enerji mənbələrinin təşviqinə mühüm töhfə verə bilər (Dirisu və b., 2023). Proqnozlara əsasən, gələcəkdə bioenerji global enerji təminatında strateji əhəmiyyətini daha da artıracaq və bərpa olunan enerjinin global ilkin enerji balansındakı payının 2015-ci ildəki 14%-dən 2050-ci ilə qədər 63%-ə yüksələcəyi gözlənilir (Nie və b., 2020).

Bir çox tədqiqatlar bioenerjinin dayanıqlı enerji strategiyalarında və iqlim dəyişikliyi təsirlərinin azaldılması istiqamətində oynadığı mühüm rolu birgə şəkildə vurğulamışdır. Qlobal miqyasda biokütlədən əldə edilən enerji, bişirmə və isitmə məqsədləri üçün istifadə olunan istilik enerjisinin təxminən 15%-ni təşkil edir (Raimi və b., 2024).

Birbaşa yandırma, birlikdə yandırma (co-firing), piroliz, qazlaşdırma və anaerob parçalanma kimi texnoloji üsullar vasitəsilə müxtəlif enerji formaları əldə edilə bilər. Biokütlədən əldə edilən maye və qaz halındakı bioyanacaqlar – birinci, ikinci və üçüncü nəsil bioyanacaqlar – qalıq yanacaqlara alternativ kimi qiymətləndirilir. Birinci nəsil bioyanacaqlar şəkər və nişastadan alınan bioetanol, həmçinin toxum yağlarından əldə edilən biodizelə əhatə edir. Taxta və digər lignoselüloz tərkibli biokütlələr isə ikinci nəsil bioyanacaqların əsas mənbəyi olub, bioetanol, biodizel və biohidrogen istehsalında istifadə olunur. Bundan əlavə, bitki və heyvan mənşəli tullantılardan anaerob həzm prosesi ilə əldə edilən bioqaz da ikinci nəsil bioyanacaqlara daxildir. Üçüncü nəsil bioyanacaqlar isə əsasən yağ istehsal edən mikroorqanizmlərdən, xüsusilə də yosunlardan (algae) əldə edilir. Yosunların üstünlüyü ondadır ki, onlar duzlu və tullantı sulara, həmçinin kənd təsərrüfatı üçün yararlı torpaqlarda asanlıqla yetişdirilə bilər (Haregu və b., 2023).

Dayanıqlı biokütlə xammalları

İqlim dəyişikliklərinin təsirlərini azaltmaq məqsədilə dayanıqlı mənbələrdən əldə edilən biokütlə istifadəsi getdikcə daha böyük əhəmiyyət kəsb edir. Biokütlə — bioloji mənşəli müxtəlif materialları özündə birləşdirən xammal qrupu olub, müxtəlif qabaqcıl çevrilmə texnologiyaları, o cümlədən birbaşa yandırma, piroliz, qazlaşdırma və anaerob həzm vasitəsilə bioyanacaqlar, biokimyəvi maddələr və bioəsaslı məhsulların istehsalı üçün istifadə olunur.

Ənənəvi olaraq, birinci nəsil bioyanacaqların istehsalı üçün şəkər və nişasta baxımından zəngin kənd təsərrüfatı məhsullarından biokütlə kimi istifadə edilmişdir. Lakin bu yanaşma ərzaq təhlükəsizliyi və əkin üçün yararlı torpaqlardan rəqabətli istifadə ilə bağlı mühüm narahatlıqlar yaratmışdır. Bu problemlərin həlli məqsədilə daha dayanıqlı alternativ olan ikinci nəsil bioyanacaqların inkişafı gündəmə gəlmişdir. Bu tip bioyanacaqlar əsasən lignoselüloz mənşəli biokütlə mənbələrindən — enerji bitkiləri, kənd

təsərrüfatı qalıqları, meşə biokütlə resursları, şəhər yaşıl tullantıları və sənaye məhsullarından — əldə edilir. Dayanıqlı biokütlə xammallarının növləri, xüsusiyyətləri, çevrilmə prosesləri və tətbiq sahələri Cədvəl 1-də ümumiləşdirilmişdir.

Cədvəl 1.

Müxtəlif biokütlə mənbələrinin növləri, xüsusiyyətləri,
çevrilmə prosesləri və tətbiq sahələri

Biokütlə növləri	Biokütlənin xüsusiyyətləri	Çevrilmə prosesləri	Tətbiq sahələri
Meşə biokütləsi	Kimyəvi və termal reaktivlik	Termokimyəvi proseslər	Bioyanacaqlar və bioiqtisadiyyat məhsulları
Kənd təsərrüfatı biokütləsi	Kimyəvi və termal reaktivlik	Termokimyəvi və bioloji proseslər	İstilik, bioyanacaq və elektrik enerjisi istehsalı
Enerji bitkiləri biokütləsi	Aşağı xərc və yüksək məhsuldarlıq	Bioqazifikasiya	Biodizel, biqaz, bioetanol və enerji istehsalı
Üzvi tullantı biokütləsi	Yüksək karbon və azot tərkibi	Birləşmiş bioloji və termokimyəvi proseslər	Biokimya məhsulları, bioyanacaqlar, biomateriallar, biochar, sinqaz və bio-yağ
Sənaye biokütləsi	Yüksək azot tərkibi	Sürətli və yavaş piroliz	Azot tərkibli qatran birləşmələri
Yosunlar (algae)	Karbohidratlar, lipidlər və zülalların yüksək miqdarı	Bio və termokimyəvi proseslər	Yüksək həcmli maye, bərk və qaz yanacaqlarının istehsalı
Ağac, saman və kənd təsərrüfatı qalıqları	Karbohidratların yüksək miqdarı	Biokimyəvi (fermentasiya)	Etanol istehsalı

Mənbə: Dadi və b. (2025)

Meşə biokütlə resursları

Ağac emalı sənayesi məhsulları və meşə qalıqlarından əldə edilən ağac mənşəli biokütlə, dayanıqlı meşə idarəçiliyi və bərpaetmə tədbirləri həyata keçirildiyi təqdirdə, bərpa olunan enerji mənbəyi kimi qəbul edilir. Ağac biokütlə resurslarının əsas üstünlüyü, kənd təsərrüfatı qalıqları kimi qeyri-ağac biokütlə növləri ilə müqayisədə daha yüksək enerji sıxlığına malik olmasıdır. Bu xüsusiyyət meşə biokütlə mənbələrini enerji istehsalı üçün daha əlverişli edir, çünki onlar vahid kütlə və ya həcm üzrə daha çox enerji hasil edə bilir. Nəticə etibarilə, ağac biokütlə resursları piroliz, qazlaşdırma və yanma kimi termokimyəvi və kimyəvi çevrilmə prosesləri üçün, eləcə də ilkin emaldan sonra biokimyəvi çevrilmələr üçün yüksək dərəcədə uyğundur.

Kənd təsərrüfatı və orqanik tullantı biokütlə

Taxıl bitkiləri, şəkər qamışı və bağçılıq məhsullarından qalan kənd təsərrüfatı qalıqları, xüsusilə aqrar iqtisadiyyata malik ölkələr üçün bioenerji istehsalında mühüm potensiala

malikdir. Müxtəlif aqroenerji tullantıları — soya, kassava, düyü, şəkər qamışı, qarğıdalı, darı və paxlalı bitki qalıqları və qarğıdalı bioqaz istehsalı üçün ən yüksək enerji potensialına malikdir. Qarğıdalının bioenerji potensialı 498.90 MV güc və təxminən 15.75 PJ illik enerji hasilatı ilə qiymətləndirilir.

Enerji istehsalı ilə yanaşı, bərk məişət və orqanik tullantıların səmərəli idarə olunması da ətraf mühitin qorunması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır. Əks halda, bu tullantıların düzgün idarə edilməməsi metan emissiyalarını artırır, torpaq və suyun çirklənməsinə, həmçinin ekosistemlərin pozulmasına səbəb ola bilər. Məsələn, ət və yağ tərkibli tullantılar zülal və lipid səviyyəsini yüksəldir, tərəvəz mənşəli tullantılar isə karbohidrat miqdarını artırır (Masih-Das & Tao, 2018).

Enerji bitkiləri biokütlə resursları

Enerji bitkiləri xüsusi olaraq bioenerji istehsalı məqsədilə yetişdirilən, ərzaq və ya digər kənd təsərrüfatı məqsədlərinə xidmət etməyən bitkilərdir. Bu kateqoriyaya qısa dövrlü ağac növləri — məsələn, qovaq (*Populus*), söyüd (*Salix*) və evkalipt (*Eucalyptus*) — daxildir ki, onların böyümə dövrləri adətən 3 ildən 15 ilə qədər dəyişir. Bununla yanaşı, oduncaqlı olmayan çoxillik ot bitkiləri, xüsusilə switchgrass (*Panicum virgatum*) və miscanthus (*Miscanthus × giganteus*), yüksək biokütlə məhsuldarlığı və müxtəlif iqlim və torpaq şəraitinə uyğunlaşma qabiliyyəti səbəbindən geniş istifadə edilir (Abdoli və b., 2018).

Enerji bitkiləri dayanıqlı bioenerji sistemlərində mühüm rol oynayır, çünki onlar ərzaq resursları ilə rəqabət aparmır və az məhsuldar torpaqların səmərəli istifadəsinə imkan yaradır. Bununla belə, enerji bitkilərinin potensialına baxmayaraq, bioəsaslı məhsulların iqtisadi cəhətdən neft mənşəli alternativlərlə rəqabətə davamlı olması istiqamətində müəyyən problemlər qalmaqdadır. Əsas çətinliklərdən biri bioenerji bitkilərinin məhsuldarlığının, xəstəlik və quraqlığa davamlılığının, həmçinin bioyanacaq istehsalı üçün emal səmərəliliyinin artırılması ilə bağlıdır.

Bitki gen mühəndisliyi bu problemlərin həlli üçün perspektivli yanaşma kimi qiymətləndirilir. Genetik modifikasiya vasitəsilə bioenerji bitkilərində biokütlə istehsalını artırmaq, xəstəliklərə və quraqlığa qarşı davamlılığı gücləndirmək, həmçinin hüceyrə divarlarının quruluşunu dəyişdirərək emal prosesində parçalanmanı asanlaşdırmaq mümkündür.

Sənaye biokütlə resursları

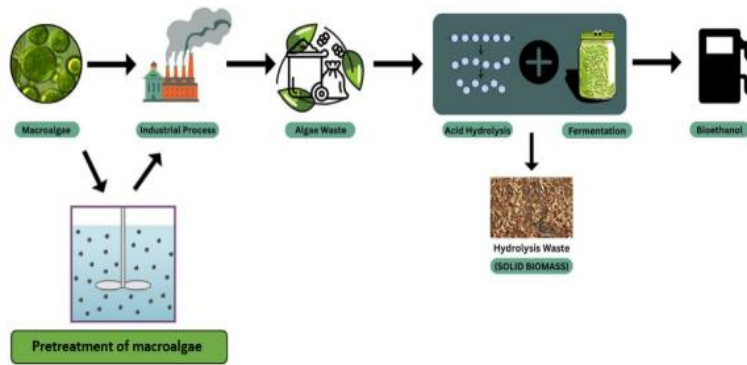
Sənaye biokütlə anlayışı kənd təsərrüfatı, meşə təsərrüfatı və ərzaq sənayesi kimi sahələrdə həyata keçirilən istehsal prosesləri zamanı yaranan üzvi mənşəli yan məhsulları və tullantıları əhatə edir. Bu materiallar, çox vaxt tullantı kimi qəbul edilsə də, enerji istehsalı, material istehsalı və ekoloji dayanıqlılığın gücləndirilməsi baxımından mühüm potensiala malikdir. Məsələn, kraft sellüloz istehsalı prosesinin yan məhsulu olan və ligninlə zəngin “qara maye” (black liquor) bərpa qazanlarında buxar və elektrik enerjisi istehsalı üçün geniş istifadə olunur və bu, müəssisələr üçün bərpa olunan enerji mənbəyi rolunu oynayır (Naqvi, Yan, & Dahlquist, 2010). Eyni zamanda pivə istehsalı zamanı yaranan xərclənmiş taxıl (spent grains), meyvə şirəsi istehsalından qalan pulpa və qida emalı müəssisələrindən çıxan üzvi tullantılar da zəngin biokütlə mənbələridir. Müxtəlif çevrilmə prosesləri vasitəsilə bu materiallar bərpa olunan enerji istehsalı üçün yenidən istifadə oluna bilər, məsələn, bioqaz

istehsalı üçün anaerob həzm, torpaq məhsuldarlığını artırmaq üçün kompostlaşdırma, eləcə də bioyanacaq və bioəsaslı materialların istehsalı üçün xammal kimi.

Yosunlar və mikroorqanizmlər

Yosunlar (algae) müxtəlif ekosistemlərdə geniş yayılmış, çox yönlü və bol biokütlə resursu olub, son illərdə qalıq yanacaqlara dayanıqlı alternativ kimi getdikcə daha çox araşdırılır. Onların yüksək lipid, zülal, karbohidrat və mineral tərkibi, həmçinin sürətli böyümə qabiliyyəti bioyanacaq istehsalı üçün onları xüsusilə perspektivli edir. Üçüncü nəsil bioyanacaqlar əsasən mikroalqalardan əldə olunur və birinci və ikinci nəsil bioyanacaqlarla əlaqəli bir çox problemlərin həllinə imkan yaradır.

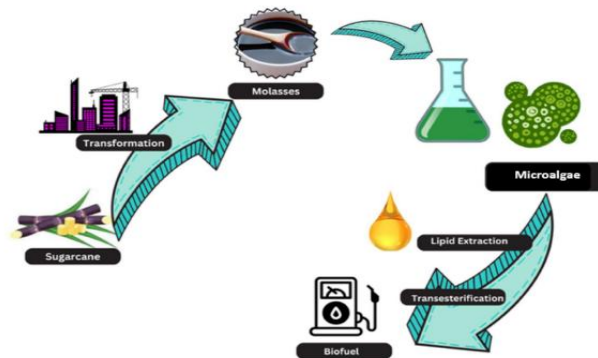
Alqal karbohidratlar monosaxaridlərə çevrilərək bioyanacaq sintezi üçün əsas prekursor rolunu oynayır. Makroyosunlardan bioetanol istehsalı səmərəli biokimyəvi proseslər vasitəsilə həyata keçirilir (Şəkil 1).



Şəkil 1. Bioetanol istehsalı üçün yosun biokütləsindən istifadə

Mənbə: Dadi və b. (2025)

Mikroyosunlar yüksək məhsuldarlığı və karbohidrat zənginliyi səbəbindən bioyanacaq istehsalı üçün ən perspektivli resurs hesab olunur. Bu potensialdan tam istifadə etmək üçün tədqiqatların davam etdirilməsi və strateji investisiyaların artırılması vacibdir. Ümidverici yanaşmalardan biri şəkər qamışı melasını qida maddələri ilə zəngin böyümə mühiti kimi istifadə edərək mikroyosunların yetişdirilməsidir (Şəkil 2). Melas mikroyosunların böyüməsini dəstəkləyir, lipid yığılmasını təşviq edir və bu lipidlər transesterifikasiya yolu ilə bioyanacaqlara çevrilə bilər.



Şəkil 2. Molassesdən (şəkər qatı maddəsi) mikro yosunların böyüməsinə və lipidlərin toplanmasına qədər olan proseslər və bu lipidlərin çıxarılıb bioyanacağa çevrilməsi.

Mənbə: Dadi və b. (2025)

Bioyanacaqlar

Alternativ enerji mənbələrinə artan tələbat nəticəsində bioyanacaqlardan nəqliyyat, isitmə və enerji istehsalında geniş istifadə olunur. Bununla belə, bioyanacaq istehsalı yüksək xərclər və texnoloji məhdudiyyətlər kimi ciddi problemlərlə üzləşir. Dövlət subsidiyaları bu çətinliklərin aradan qaldırılmasında mühüm rol oynayaraq istehsal xərclərini azalda və nəqliyyat, sənaye və kənd təsərrüfatı sektorlarının enerji tələbatını dəstəkləyə bilər. Həmçinin tədqiqat və inkişaf fəaliyyətlərinin gücləndirilməsi bioyanacaq istehsalının iqtisadi cəhətdən daha səmərəli olmasını təmin etmək üçün vacibdir. Bunun üçün proseslərin integrasiyası və istehsal parametrlərinin optimallaşdırılması tələb olunur ki, sənaye miqyasında biokütlə əsaslı bioyanacaq istehsalında mövcud maneələr aradan qaldırılsın.

Bioetanol

Bioetanol bərpa olunan və dayanıqlı bioyanacaq növü kimi bioenerji sektorunda mühüm rol oynayır. Onun lignosellülozik biokütlədən istehsalı istixana qazı emissiyalarının azaldılması və qalıq yanacaqlardan asılılığın minimuma endirilməsi üçün effektiv həll hesab olunur. "Ərzaq və yanacaq" dilemması ilə bağlı narahatlıqlar hələ də davam etsə də, bioetanolun iqtisadi perspektivləri onun həm əhəmiyyətli emissiya azaldılması, həm də nisbətən aşağı istehsal xərcləri kimi ikiqat üstünlüyü sayəsində yaxşılaşmaqdadır.

Biodizel

Son onillikdə biodizel sənayesi bərpa olunan enerji tələbatının artması ilə əlaqədar olaraq sürətli inkişaf və innovasiya dövrü keçirmişdir.

Biodizel yalnız davamlı enerji mənbəyi deyil, həm də ekoloji baxımdan ənənəvi dizellə müqayisədə daha üstün performans nümayiş etdirir. Onun yanması nəticəsində toz hissəciklər, azot oksidləri, kükürd oksidləri və karbon monoksid emissiyaları əhəmiyyətli dərəcədə az olur ki, bu da hava çirklənməsinin və insan sağlamlığına mənfi təsirlərin qarşısını alır.

Bioqaz

Son illərdə bioqaz istehsalı dayanıqlı artım nümayiş etdirir və bu, tullantıların səmərəli idarə olunması, bərpa olunan enerji istehsalı və istixana qazı emissiyalarının azaldılması kimi çoxsaylı üstünlüklərlə bağlıdır. Bioqazın yanması karbon neytral hesab olunur, çünki onun CO₂ emissiyaları biogen mənşəlidir. Bioqaz, əsasən, metan (CH₄) və karbon dioksid (CO₂) qazlarından ibarətdir və kənd təsərrüfatı qalıqları, heyvan peyini, məişət tullantıları və çirkab suları kimi üzvi materialların anaerob parçalanması nəticəsində əmələ gəlir (Tshemese və b., 2023). Bu proses həm qiymətli enerji resursu yaradır, həm də üzvi tullantıların utilizasiyası üçün dayanıqlı həll təklif edir. Anaerob həzmin yan məhsulu olan digestat, yüksək qida dəyərinə malik üzvi gübrə kimi istifadə olunur və əlavə olaraq biometana çevrilərək nəqliyyat yanacağı və ya elektrik enerjisi istehsalında tətbiq edilə bilər. Texnoloji inkişaf nəticəsində bioqaz istehsalını və səmərəliliyini artırmaq məqsədilə daha böyük və müasir bioqaz zavodları yaradılmışdır. Bioqazın istehsalı və istifadəsi prosesi Şəkil 3-də göstərilmişdir.



Şəkil 3. Bioqazın əmələ gəlmə prosesi və istifadəsinin təsviri.

Mənbə: Dadi və b. (2025)

Bununla belə, əməliyyat xərclərinin azaldılması və sistem nasazlıqlarının minimuma endirilməsi kimi problemlər hələ də mövcuddur. Bu maneələri aşmaq üçün infrastrukturun, texniki xidmətin və xammal idarəçiliyinin yaxşılaşdırılması istiqamətində səylər göstərməlidir. İqtisadi təhlillər göstərir ki, Stirling mühərrikləri və daxili yanma mühərrikləri bioqazın elektrik enerjisinə çevrilməsi üçün, xüsusilə kiçik miqyaslı enerji istehsalında, ən səmərəli texnologiyalardır (Akbulut və b., 2021). Bioqaz həmçinin sintetik qazlar, hidrogen və digər kimyəvi maddələrin sintezi üçün başlanğıc material kimi istifadə oluna bilər. O, qazlaşdırma, yanma və ya biokütlə anaerob hidrolizi vasitəsilə bərpa olunan istilik və elektrik enerjisi istehsalında da istifadə edilə bilər (Awe və b., 2017).

Nəticə

Bioenerji global enerji transformasiyasında strateji əhəmiyyətə malikdir və dayanıqlı enerji sistemlərinin formalaşmasında əsas rol oynayır. Onun istifadəsi yalnız ekoloji baxımdan deyil, həm də iqtisadi və sosial baxımdan faydalıdır. Dayanıqlı biokütlə mənbələrinin istifadəsi, innovativ çevrilmə texnologiyaları və gen mühəndisliyi ilə enerji bitkilərinin məhsuldarlığının artırılması bioyanacaqların səmərəliliyini yüksəldir. Bioyanacaqlar isə (biodizel, bioetanol və s.) yalnız enerji təhlükəsizliyini artırır, həm də tullantıların idarə olunmasını təkmilləşdirir və ekoloji təmiz enerji istehsalına şərait yaradır. Gələcəkdə bioyanacaqların istehsal texnologiyalarının inkişafı və biokütlə mənbələrinin səmərəli istifadəsi global enerji balansında bioenerjinin payını artıracaq, aşağı karbonlu iqtisadiyyatın formalaşmasına töhfə verəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdoli, M. A., Golzary, A., Hosseini, A., & Sadeghi, P. (2018). Wood pellet as a renewable source of energy: From production to consumption. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74482-7>
2. Akbulut, A., Arslan, O., Arat, H., & Erbaş, O. (2021). Important aspects for the planning of biogas energy plants: Malatya case study. Case Studies in Thermal Engineering, 26, 101076. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101076>

3. Alper, K., Tekin, K., Karagöz, S., & Ragauskas, A. J. (2020). Sustainable energy and fuels from biomass: A review focusing on hydrothermal biomass processing. *Sustainable Energy & Fuels*, 4, 4390–4414. <https://doi.org/10.1039/D0SE00784F>
4. Awe, O. W., Zhao, Y., Nzihou, A., Minh, D. P., & Lyczko, N. (2017). Review of biogas utilisation, purification and upgrading technologies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(1), 267–283. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9826-4>
5. Dadi, M., Siwale, W., Munalula, F., və b. (2025). A comprehensive review of advances in bioenergy including emerging trends and future directions. *Discover Energy*, 5, 26. <https://doi.org/10.1007/s43937-025-00095-3>
6. Dirisu, J. O., Salawu, E. Y., Ekpe, I. C., Udoeye, N. E., Falodun, O. E., Oyedepo, S. O., Ajayi, O. O., & Kale, S. A. (2023). Promoting the use of bioenergy in developing nations: A CDM route to sustainable development. *Frontiers in Energy Research*, 11, 1–27. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2023.1184348>
7. Haregu, S., Likna, Y., Tadesse, D., & Masi, C. (2023). Recent development of biomass energy as a sustainable energy source to mitigate environmental change. In P. K. Ramanujam, B. Parameswaran, B. Bharathiraja, & A. Magesh (Eds.), *Bioenergy: Impacts on environment and economy* (pp. 119–138). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3002-9_8
8. Masih-Das, J., & Tao, W. (2018). Anaerobic co-digestion of food waste with liquid dairy manure or manure digestate: Co-substrate limitation and inhibition. *Journal of Environmental Management*, 223, 917–924. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.016>
9. Munawar, M. A., Khoja, A. H., Naqvi, S. R., Mehran, M. T., Hassan, M., Liaquat, R., & Dawood, U. F. (2021). Challenges and opportunities in biomass ash management and its utilization in novel applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111451. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111451>
10. Naqvi, M., Yan, J., & Dahlquist, E. (2010). Black liquor gasification integrated in pulp and paper mills: A critical review. *Bioresource Technology*, 101(21), 8001–8015. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.05.013>
11. Nie, Y., Chang, S., Cai, W., Wang, C., Fu, J., Hui, J., Yu, L., Zhu, W., Huang, G., Kumar, A., Guo, W., & Ding, Q. (2020). Spatial distribution of usable biomass feedstock and technical bioenergy potential in China. *GCB Bioenergy*, 12, 54–70. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12651>
12. Raimi, D., Zhu, Y., Newell, R. G., & Prest, B. C. (2024). Global Energy Outlook 2024: Peaks or plateaus? Resources for the Future. <https://media.rff.org/documents/Report24-06.pdf>
13. Siwale, W., Finell, M., Frodeson, S., Henriksson, G., & Berghel, J. (2024). Fuel wood pellets produced from sawdust of Scots pine mature and juvenile wood: Self-heating and off-gassing tests at industrial scale. *BioEnergy Research*. <https://doi.org/10.1007/s12155-024-10736-5>

14. Tshemese, Z., Deenadayalu, N., Liganiso, L. Z., & Chetty, M. (2023). An overview of biogas production from anaerobic digestion and the possibility of using sugarcane wastewater and municipal solid waste in a South African context. *Applied System Innovation*, 6(1), 13. <https://doi.org/10.3390/asi6010013>

SUMMARY

Jabir Jabrayil Mirzai, Shahla Faig Nazarova

THE ROLE OF BIOENERGY IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE ENERGY

In recent years, the global energy system has been changing rapidly. Industrialization, urbanization, technological developments, and population growth have led to a significant increase in energy demand. At the same time, concerns about climate change, global warming, and the depletion of fossil fuel resources have increased attention to renewable and sustainable energy sources. In this context, bioenergy stands out as a promising alternative energy source that contributes to reducing dependence on fossil fuels, minimizing carbon emissions, and ensuring energy security. Bioenergy has a wide range of applications in the production of heat and electricity, as well as in the preparation of various solid, liquid, and gaseous biofuels.

The main objective of this research is to systematically assess the potential of bioenergy resources, determine the efficiency of biomass and biofuel production, and investigate their application possibilities in the energy sector. The research methodology includes analysis of sources, processing of statistical data, and comparative analysis of biofuel production technologies. The scientific significance of the research is relevant in terms of ensuring global energy security, reducing carbon emissions and developing sustainable energy sources. The originality of the research is manifested in conducting an integrative analysis of the economic, environmental and technological aspects of bioenergy and examining the use of biofuels in future energy strategies.

The efficient use of bioenergy ensures waste management, expanding economic opportunities and strengthening regional energy supply. According to forecasts, the share of bioenergy in the global energy balance will increase and will allow for a significant reduction in greenhouse gas emissions. Thus, bioenergy is of strategic importance not only in energy production, but also in achieving the goals of sustainable development and environmental protection.

Keywords: bioenergy, biofuel, biomass, biogas

РЕЗЮМЕ

Мирзай Джабир, Назарова Шахла

РОЛЬ БИОЭНЕРГЕТИКИ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В последние годы мировая энергетическая система стремительно меняется. Индустриализация, урбанизация, развитие технологий и рост населения привели к значительному увеличению спроса на энергию. В то же время, обеспокоенность изменением климата, глобальным потеплением и истощением ресурсов ископаемого топлива усилила внимание к возобновляемым и устойчивым источникам энергии. В этом контексте биоэнергетика выделяется как перспективный альтернативный источник энергии, способствующий снижению зависимости от ископаемого топлива, минимизации выбросов углерода и обеспечению энергетической безопасности. Биоэнергетика имеет широкий спектр применения в производстве тепла и электроэнергии, а также в производстве различных твердых, жидких и газообразных видов биотоплива.

Основная цель данного исследования систематическая оценка потенциала биоэнергетических ресурсов, определение эффективности производства биомассы и биотоплива, а также исследование возможностей их применения в энергетике. Методология исследования включает анализ источников, обработку статистических данных и сравнительный анализ технологий производства биотоплива. Научная значимость работы актуальна с точки зрения обеспечения глобальной энергетической безопасности, сокращения выбросов углерода и развития устойчивых источников энергии. Оригинальность исследования заключается в проведении комплексного анализа экономических, экологических и технологических аспектов биоэнергетики и рассмотрении использования биотоплива в будущих энергетических стратегиях.

Эффективное использование биоэнергии обеспечивает управление отходами, расширение экономических возможностей и укрепление регионального энергоснабжения. Согласно прогнозам, доля биоэнергии в мировом энергобалансе будет увеличиваться, что позволит значительно сократить выбросы парниковых газов. Таким образом, биоэнергетика имеет стратегическое значение не только для производства энергии, но и для достижения целей устойчивого развития и охраны окружающей среды.

Ключевые слова: биоэнергия, биотопливо, биомасса, биогаз

YENİ KLATRATLARIN SİNTEZİ VƏ FİZİKİ-KİMYƏVİ ANALİZİ

ELMAN ŞİRİNOV

elman.sirinov@mdu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0003-9879-7133>

Mingəçevir Dövlət Universiteti

PƏRVANƏ SƏFƏROVA

safarova_pervana@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0000-1478-7703>

XÜLASƏ

Sinkin kompleks birləşmələri əsasında kanal tipli klatrat birləşmələr alınmışdır:

$[Zn L_2^1 \cdot 2H_2O] \cdot 2HCOOH$, $[Zn_4 L_6^2 \cdot 2HCOOH] \cdot 2H_2O \cdot 2HCOOH$. Sintez üçün həlledici olaraq $HCOOH$ götürülmüşdür. İQ spektral analiz vasitəsilə L^1 , L^2 ionlarının və $HCOOH$ molekullarının koordinasiya forması müəyyən edilmişdir. Həmçinin klatrat birləşmələrin termiki parçalanması və "qonaq" kimi iştirak edən molekulların ayrılma temperaturu müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: sink kompleksləri, aromatik karbon turşuları, qarışqa turşusu, klatrat birləşmələr, "sahib" və "qonaq" molekullar

Giriş

Yeni klatratların alınması, klatratəmələgəlmənin yeni metodlarının müəyyən edilməsi, nəzəri quruluşların praktiki reallaşdırılması və tətbiq sahələrinin müəyyən edilməsi aktual olaraq qalır. Bu birləşmələr texniki, tibbi və kimyəvi nöqteyi-nəzərdən böyük əhəmiyyət kəsb edir (2). Digər tərəfdən quruluşu qabaqcadan proqnozlaşdırılmış maddələrin alınması onların sorbsiya, katalitik, analitik və nanotexnologiya sahəsində gələcəkdə istifadə edilməsi kimi perspektiv istiqamətlər açaır.

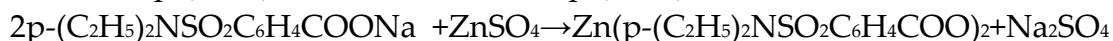
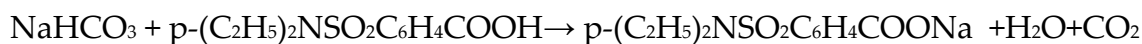
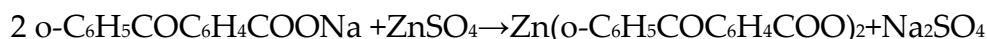
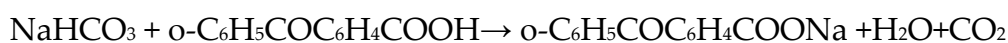
Bu elmi tədqiqat işində biz keçid metallarının aromatik turşularla kompleksləri əsasında klatrat birləşmələrin alınmasını həyata keçirmişik.

Keçid metalların aromatik karbon turşuları ilə yaratdığı komplekslər müəyyən şəraitdə klatrat birləşmələr əmələ gətirmək qabiliyyətinə malikdir (1). Bu da onların quruluşu ilə bağlıdır. Keçid metalları aromatik turşularla koordinasiyaya girdikdə, əsasən, polinuklear komplekslər, boşluq və kanalları olan koordinasiya polimerləri əmələ gətirir. Bu quruluş da onlardan klatratların sintez edilməsinə imkan verir.

Təcrübi hissə

Yeni klatrat birləşmənin sintezi üçün "qonaq" molekul kimi qarışqa turşusu, "sahib" molekul olaraq isə sinkin o-C₆H₅COC₆H₄COOH və p-(C₂H₅)₂NSO₂C₆H₄COOH turşuları ilə kompleksləri götürülmüşdür.

Birləşmələrin alınması iki mərhələdə həyata keçirilmişdir. Birinci mərhələdə metalın seçilmiş turşularla kompleksləri alınır:



Alınmış ağ rəngli polimer çöküntü süzülür, bir neçə dəfə distillə suyu ilə yuyulur və qurudulur. İkinci mərhələdə sink kompleksləri 60°C temperaturda qarışqa turşusu məhlullarında həll edilir. Müəyyən vaxtdan sonra məhluldan rəngsiz, şəffaf monokristallar çökmüşdür. Alınan kristallar distillə edilmiş su ilə yuyulmuş və qurudulmuşdur.

Birləşmələrin fiziki-kimyəvi tədqiqi.

Alınmış monokristalların rentgenoqrafik, element analizi, İQ-spektral və derivatoqrafik analizləri aparılmışdır. Bu analizlər kristalların kimyəvi quruluşunu müəyyən etməyə imkan vermişdir. Kristallar aşağıdakı kimyəvi formulları aşağıdakı kimidir:



Ayrılmış klatrat birləşmələrin element tərkibi cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Klatrat birləşmələrin element analizinin nəticələri

Birləşmə	Elementlərin miqdarı, %											
	hesablanmış						tapılmış					
	M	C	H	O	N	S	M	C	H	O	N	S
$[Zn(o-C_6H_5COC_6H_4COO)_2 \cdot 2H_2O] \cdot 2HCOOH$ $[ZnL_2^1 \cdot 2H_2O] \cdot 2HCOOH$	9.85	54.30	3.62	31.33			9.52	54.58	3.41	31.59		
$[Zn_4(p-C_2H_5)_2NSO_2C_6H_4COO)_6 \cdot 2HCOOH] \cdot 2H_2O \cdot 2HCOOH$ $[Zn_4L_6^2 \cdot 2HCOOH] \cdot 2H_2O \cdot 2HCOOH$ $2H_2O \cdot 2HCOOH$	12.74	40.96	4.77	28.05	4.10	9.37	12.65	41.23	4.38	28.27	4.47	9.55

Rentgenoqrafik tədqiqatlar sintez edilmiş birləşmələrin individual olduğunu göstərmişdir (cədvəl 2).

Cədvəl 2.

Klatratların rentgenofaza analizinin nəticələri

I		II	
d, Å	J/J ₀	d, Å	J/J ₀
12.63	3	19.63	3
9.61	9	10.78	100
8.04	9	9.82	9
7.10	15	5.41	60
5.66	68	5.14	17
4.93	16	4.62	2

4.84	21	4.15	1
4.40	12	3.81	8
4.27	32	3.62	4
3.76	100	3.42	2
3.56	26	3.31	1
3.30	23	3.19	2
3.22	38	2.98	3
2.88	13	2.71	7
2.76	6	2.56	6
2.68	3	2.40	1
2.59	6	2.29	3
2.55	18	2.18	1
2.23	4	2.12	1
1.93	5	1.93	1

İQ-spektroskopik analiz vasitəsilə L^1 , L^2 və $HCOOH$ molekullarının kompleksdə koordinasiya olunma üsulu müəyyən edilmişdir. Spektrlər $400\text{--}4000\text{ sm}^{-1}$ intervalında çəkilmişdir (cədvəl 3).

Derivatoqramlar $20\text{--}1000^\circ\text{C}$ temperatur intervalında ($10^\circ/\text{dəq}$) Al_2O_3 etalonundan istifadə edilərək yazılmışdır.

SPECORD-M80 spektroqrafında alınmış İQ-spektrlərdə su molekullarının və karboksil qruplarının rəqsi hərəkətlərinə uyğun iki oxşar zolaq müşahidə olunur. I birləşmədə O–H qrupunun və su molekulunun zolaqları üst-üstə düşdüyündən interpretasiya çətinləşir.

İQ-spektrlərdə $1020\text{--}780$ və $880\text{--}780\text{ sm}^{-1}$ intervallarında kristallaşma və koordinasiya olunmuş suya məxsus geniş zolaqlar görünür. L^1 və L^2 turşularının ionlaşmamış karboksil qruplarına uyğun $1720\text{--}1700\text{ sm}^{-1}$ zolaqları yeni birləşmələrdə görünür; bunun əvəzinə $1585\text{--}1650$ və $1430\text{--}1320\text{ sm}^{-1}$ zolaqları qeydə alınır ki, bunlar karboksilat qrupunun assimetrik və simmetrik rəqsi hərəkətlərinə uyğundur.

I və II birləşmələrin spektrlərində 1680 , 1700 , 1720 , 1310 və 1330 sm^{-1} zolaqları müşahidə olunur. Bunlar $HCOOH$ turşusunun metallarla koordinasiya olunmamış karboksil qrupuna uyğundur. Bu zolaqlar 170°C -də yox olur.

Cədvəl 3.

Birləşmələrin rəqsi spektrləri

Birləşmələr	$\nu_{\text{H}_2\text{O}}$	$\nu(\text{Pb-C})$	$\nu_{\text{as}}(\text{COO})$	$\nu_{\text{s}}(\text{COO})$	$\nu(\text{C-O})$	$\nu(\text{COH})$	$\delta(\text{COO})$	$\Delta\nu(\text{COO})$	$\nu_{\text{s}}(\text{SO}_2)$	$\nu_{\text{as}}(\text{SO}_2)$
$\text{o-C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_4\text{COOH}$		1180	1710,1695,1725	1440,1470				255		
$[\text{Zn}(\text{o-C}_6\text{H}_5\text{COC}_6\text{H}_4\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot 2\text{HCOOH}$	3320,3420,3460	1180	1650,1620	1420,1400	1330,1310	1700,1720	790	225		
$\text{p-(C}_2\text{H}_5)_2\text{NSO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COOH}$		1180	1685,1700,1715	1430,1460					1172	1310
$[\text{Zn}_4(\text{p-C}_2\text{H}_5)_2\text{NSO}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{COO})_6 \cdot 2\text{HCOOH}] \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{HCOOH}$	3320,3410,3440	1180	1585	1430	1330,1310	1700,1720	790	155	1170	1305

Klatratların termoqrafik analizinin nəticələri cədvəl 4-də verilmişdir:

Cədvəl 4.

Birləşmənin termoqrafik parçalanmasının nəticələri

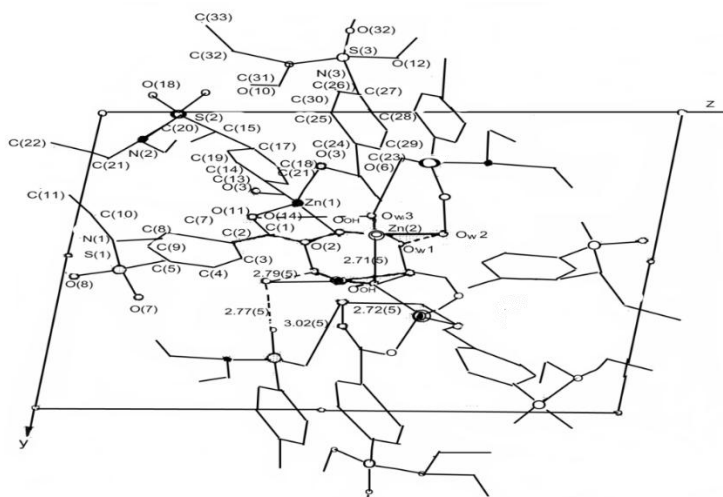
Parçalanma ardıcılığı	$T, ^\circ\text{C}$				$\Delta m, \%$	
	T_{endo}	T_{max}	T_{ekzo}	T_{max}	$T_{\text{əc.}}$	$N_{\text{əz}}$
$[\text{ZnL}_2^1 \cdot 2\text{H}_2\text{O}] \cdot 2\text{HCOOH} \rightarrow \text{ZnL}_2^1 \cdot 2\text{HCOOH}$ $\rightarrow$ $\text{ZnL}_2^1 \cdot \text{HCOOH} \rightarrow \text{ZnL}_2^1 \rightarrow \text{ZnO}$	77-128 128-172 172-227	108 148 180	227-573	530	5.6 6.0 6.8 72.4 9.2	5.54 7.06 7.1 67.7 12.6
$[\text{Zn}_4\text{L}_6^2 \cdot 2\text{HCOOH}] \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{HCOOH} \rightarrow$ $\text{Zn}_4\text{L}_6^2 \cdot \text{HCOOH} \rightarrow \text{Zn}_4\text{L}_6^2 \rightarrow \text{ZnO}$	90-140 140-175 160-230	110 160 175	230-580	415	5.36 4.33 78.2 12.2	6.3 4.4 77.12 15.9

I birləşməsi üçün 50–170°C intervalında ardıcıl 85, 110 və 130°C maksimumlu endo-effektlər müşahidə olunur. Bu proses iki su və bir qarışqa turşusu molekulunun itməsi ilə müşayiət olunur. 170–225°C intervalında ikinci HCOOH molekulu ayrılır.

Daha sonra sink o-benzoilbenzoatının parçalanması başlayır. 365–480°C intervalında güclü endoterimik proses gedir, ardınca 480–570°C intervalında maksimumu 530°C olan ekzotermik proses baş verir.

II birləşməsi 90°C temperatura qədər stabildir. 90–140°C intervalında hidratasiya və "qonaq" molekulların çıxması baş verir (maksimum 110°C). Kütlə itkisi 5.36%-dir (hesablanmış 6.23%). 140°C-dən sonra "sahib" strukturun parçalanması başlayır. 160 və 170°C maksimumlu endo-effektlər müşahidə olunur. Sonrakı 230 və 280°C effektləri ara məhsulun daxili yenidən qurulması və polimorf çevrilmə ilə izah olunur.

Kristal strukturdakı (şəkil) OH qruplarının oksigen atomları sp^3 -hibirdləşmiş vəziyyətdə olub üç Zn atomuna və bir H atomuna koordinasiya olunur.



Şəkil. $[Zn_4L_6(OH)_2 \cdot 4H_2O] \cdot 2H_2O$ kristal quruluşu

Formiat turşusu kompleksləşmə zamanı su molekullarını koordinasiya sferasında əvəz edir və molekullararası kanalların həcmi artırır.

İQ-spektroskopiya göstərir ki, SO_2 və $COOH$ qruplarının mövqeyi əsasən dəyişmir, yəni L_2 ligandının para-əvəzediciləri koordinasiyada iştirak etmir. Bu, karboksilat-ionun sinklə bidendat koordinasiya yaratdığını təsdiq edir.

Nəticə

Sink metalının aromatik karbon turşuları ilə kompleksləri əsasında iki yeni klatrat birləşmə alınmış, kompleks fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə tədqiq olunmuş və kimyəvi formulları tərtib edilmişdir. Rentgenoqrafik, İQ-spektroskopik, derivatoqrafik və element analizi üsulları ilə və açılmış kristallik quruluşlara əsasən klatratların əmələgəlmə mexanizmi müəyyənləşdirilmişdir. Klatratların termiki destruksiya mexanizmi aydınlaşdırılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Usubaliyev, B.T., Taghiyev, D.B., Nurullayev, V.H., Munshieva, M.K., Aliyeva, F.B., Hasanova, M.M., Safarova, P.S., Rzayeva, A.Q. Synthesis and physico-chemical studies of complex compounds of iron (II) and (III) with phthalic acid // Journal of Nanomaterials and Molecular Nanotechnology, USA, 2017, v. 6, №5, p.1-5
2. Усубалиев, Б.Т., Алиева, Ф.Б., Мурватов, Ф.Т., Муншиева, М.К., Мамедова, З.А. Применение клатрато-образования в добыче и транспортировке нефти / Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi, Azərbaycan Milli Neft Komitəsi, Beynəlxalq Şərq Neft Akademiyası, Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyası "Neftin, Qazın Geotexnoloji Problemləri və Kimya" ETİ, Məqalələr Toplusu, Xəzərneftqaz yataq-2014, Bakı: s.165-171

SUMMARY

E.Q. Shirinov, P.S. Safarova

SYNTHESIS AND PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF NEW CLATHRATES

Channel-type clathrate compounds were obtained based on zinc complexes:

$[Zn(o-C_6H_5COC_6H_4COO)_2 \cdot 2H_2O] \cdot 2HCOOH$,

$[Zn_4(p-(C_2H_5)_2NSO_2C_6H_4COO)_6 \cdot 2HCOOH] \cdot 2H_2O \cdot 2HCOOH$

HCOOH was used as the solvent for the synthesis. The coordination form of L1, L2 ions and HCOOH molecules was determined by IR spectral analysis. The thermal decomposition of clathrate compounds and the dissociation temperature of molecules participating as "guests" were also determined.

Keywords: zinc complexes, aromatic carboxylic acids, formic acid, clathrate compounds, "host" and "guest" molecules

AZƏRBAYCAN ELMİ İRSİNİN QORUNMASINDA YUSİF MƏMMƏDƏLİYEV ƏNƏNƏLƏRİ

ELGİZ MAHMUDOV

mahmudovelgiz1@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-5818-4577>

Department of Information Technologies,
Mingachevir State University, Mingachevir, Azerbaijan

XÜLASƏ

Məqalədə görkəmli Azərbaycan alimi, akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədaliyevin elmi irsinin qorunması, davam etdirilməsi və müasir elmi mühitdə tətbiq olunması məsələləri araşdırılır. Elmi irsin yalnız elmi nəticələrin toplusu deyil, həm də milli-mənəvi dəyərlərin daşıyıcısı olduğu fikri əsaslandırılır. Tədqiqatda Məmmədaliyev məktəbinin formalaşması, onun elmi prinsipləri, pedaqoji baxışları və elmi təşkilatçılıq fəaliyyəti təhlil edilir.

Məqalə göstərir ki, akademik irsi bu gün Azərbaycan elmi sistemində elmin davamlılığının, gənc alimlərin elmi tərbiyəsinin və milli elmi dəyərlərin qorunmasının əsas dayaqlarından biridir.

Açar sözlər: Yusif Məmmədaliyev, elmi irs, elmi ənənələr, kimya elmi, Azərbaycan elmi, elm tarixi, elmi məktəb

Giriş

Elm hər bir xalqın intellektual potensialını və mədəni səviyyəsini müəyyən edən əsas sahələrdən biridir. Azərbaycan elminin formalaşması və beynəlxalq elmi sistemə integrasiyasında xüsusi xidmətləri olan şəxsiyyətlər arasında akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədaliyev müstəsna yer tutur.

O, təkcə görkəmli neft kimyaçısı kimi deyil, həm də elmi irsin qorunması və elmi məktəbin formalaşdırılması sahəsində əvəzsiz xidmətləri ilə seçilmişdir. Onun adı ilə bağlı yaranan "Məmmədaliyev məktəbi" Azərbaycan kimya elminin inkişafında və elmi nəsilərin yetişməsində mühüm rol oynamışdır.

Elmi irsin qorunması dedikdə yalnız elmi nəticələrin və kəşflərin saxlanması deyil, həm də elmin mənəvi, mədəni və təşkilati ənənələrinin gələcək nəsilərə ötürülməsi nəzərdə tutulur. Bu baxımdan, Yusif Məmmədaliyev irsi həm elmi, həm də mənəvi dəyər daşıyır.

Məqalənin məqsədi akademik Yusif Məmmədaliyevin elmi və pedaqoji fəaliyyətini təhlil edərək, onun Azərbaycan elmi irsinin qorunmasında rolunu və müasir dövrdə aktuallığını müəyyən etməkdir.

Material və metodlar

Bu tədqiqatda tarixi-elmi analiz, sosioloji müşahidə, sənədli mənbələrin tədqiqi və müqayisəli təhlil metodlarından istifadə edilmişdir.

1. Arxiv və sənəd bazası:

Məqalənin hazırlanması zamanı Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının (AMEA) arxiv materialları, Yusif Məmmədaliyevin elmi əsərləri, məktubları, çıxış mətnləri və onun tələbələrinin xatirələri araşdırılmışdır.

2. Elmi mənbələrin təhlili:

Kimya elmi, elmi məktəblərin formalaşması, elmi irsin qorunması ilə bağlı yerli və xarici tədqiqatlar öyrənilmişdir. Əsasən, "Neft kimyası", "Elm və həyat", "Azərbaycan Elmlər Akademiyasının xəbərləri" jurnallarında dərc olunan məqalələrdən istifadə olunmuşdur.

3. Müqayisəli yanaşma:

Yusif Məmmədəliyev irsi digər dünya alimlərinin elmi irsinin qorunması modelləri ilə müqayisə edilərək, Azərbaycan elminə xas xüsusiyyətlər müəyyənləşdirilmişdir.

4. Müşahidə və sorğu metodları:

Müasir elmi müəssisələrdə çalışan kimyaçı alimlərin və müəllimlərin fikirləri toplanaraq, Məmmədəliyev ənənələrinin bu gün elmi fəaliyyətə təsiri qiymətləndirilmişdir.

Nəticələr

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, akademik Yusif Məmmədəliyev elmi, pedaqoji və ictimai fəaliyyəti Azərbaycan elmi irsinin qorunmasında mühüm rol oynayır və bu irs bu gün də aktual elmi və mədəni dəyər daşıyır.

1. Yusif Məmmədəliyev irsi milli elmi ənənələrin təməl daşdır. Onun formalaşdırdığı məktəb elmi dünyagörüş, etik prinsiplər və peşəkar məsuliyyət baxımından nümunəvi model təşkil edir.

2. Elmi irsin qorunması sistemli yanaşma tələb edir. Bu məqsədlə arxivlərin rəqəmsallaşdırılması, gənc alimlər üçün təqaüdlərin təsis edilməsi, elmi tədbirlərin təşkili və beynəlxalq əlaqələrin genişləndirilməsi davam etdirilməlidir.

3. Məmmədəliyev ənənələri elm və təhsilin integrasiyası üçün aktual nümunədir. O, elmin tədris prosesinə tətbiq olunmasının zəruriliyini göstərərək bu istiqamətdə müasir model yaratmışdır.

4. Elmi irs həm elmi, həm də mədəni dəyərdir. Məmmədəliyev göstərmişdir ki, elmin inkişafı yalnız texnoloji tərəqqi deyil, həm də milli özünüdərkini göstəricisidir.

5. Gələcək nəsillər üçün strategiya: Yusif Məmmədəliyev irsinin qorunması məqsədilə "Elmi İrs Mərkəzi"nin yaradılması, elmi irsin beynəlxalq miqyasda təbliği və məktəblərdə "Azərbaycan alimləri" fənninin tədrisi vacib hesab olunur.

Nəticə etibarilə, akademik Yusif Məmmədəliyev elmi irsi Azərbaycan elminin davamlı inkişafını təmin edən, milli elmi kimliyi formalaşdıran və gənc nəsillərə istiqamət verən strateji dəyərdir.

Müzakirə

Azərbaycan elmi tarixində Yusif Məmmədəliyev şəxsiyyəti həm elmi, həm də mədəni liderlik nümunəsi kimi qiymətləndirilir. Onun irsinin qorunması məsələsinin müzakirəsi göstərir ki, bu irs yalnız kimya elminin konkret nailiyyətləri ilə məhdudlaşmır, həm də elmi düşüncə tərzinin, elmi etikanın və milli kimliyin formalaşmasında əhəmiyyətli rol oynayır.

1. Elmi irsin fəlsəfi məzmunu

Yusif Məmmədəliyev elmi fəaliyyəti ilə göstərmişdir ki, elmin dəyəri yalnız kəşflərdə deyil, həm də elmə xidmət edən insanın mədəni bütövlüyündə gizlidir. Onun "alim olmaq vicdan məsələsidir" fikri bu gün elmi etikanın bünövrəsi kimi qəbul edilir. Məmmədəliyev

məktəbinin əsas qayəsi düzgünlük, dəqiqlik, əməksevərlik və məsuliyyət prinsiplərinə əsaslanırdı.

Müasir elmi sistemdə bu prinsiplərin qorunması elmi irsin yaşadılmasının mühüm şərtidir. Elm yalnız nəticələrin toplanması deyil, həm də dəyərlərin ötürülməsi prosesidir.

2. Elmi məktəb və davamlılıq prinsipi

Məmmədaliyev elmi məktəbinin formalaşması Azərbaycan elminin keyfiyyətə yeni mərhələyə keçidini təmin etdi. O, gənc alimlərin tədqiqat istiqamətlərini müəyyən edir, onlara elmin yalnız texniki deyil, həm də insani tərəflərini öyrədirdi. Bu məktəbin yetirmələri sonrakı onilliklərdə elmin müxtəlif sahələrində mühüm nailiyyətlər qazanaraq, "Məmmədaliyev ənənəsi"ni müstəqillik dövrünə daşıdılar.

Elmi məktəbin davamlılığı iki əsas mexanizmlə qorunur:

- Elm və təhsilin integrasiyası: Məmmədaliyevin pedaqoji fəaliyyəti bu integrasiyanın əsasını qoydu;
- Elmi mentorluq modeli: Gənclərin təcrübəli alimlər tərəfindən yönləndirilməsi bu gün də aktualdır.

3. Elmi irsin qorunmasının müasir formaları

Hazırda Azərbaycan Respublikasında elmi irsin qorunması məqsədilə bir sıra tədbirlər həyata keçirilir:

- Yusif Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu onun elmi ideyalarının tətbiqi və təbliği ilə məşğuldur;
- "Məmmədaliyev oxuları" adlı respublika və beynəlxalq səviyyəli konfranslar təşkil olunur;
- Alimin elmi əsərləri və arxiv materialları rəqəmsallaşdırılaraq elmi bazalarda saxlanılır;
- AMEA və Təhsil Nazirliyinin təşəbbüsü ilə Məmmədaliyev adına elmi mükafatlar və təqaüdlər təsis edilmişdir.

Bu təşəbbüslər bir tərəfdən elmi irsin qorunmasını təmin edir, digər tərəfdən gənc alimlər üçün milli elmi kimlik formalaşdırır.

4. Məmmədaliyev irsinin müasir elmə təsiri

Bugünkü Azərbaycan elmi Məmmədaliyevin qoyduğu ideyalara istinad etməklə həm fundamental, həm də tətbiqi tədqiqatlarda yeni istiqamətlər açır. Məsələn:

- Neft-kimya texnologiyalarında onun təklif etdiyi katalitik proseslərin prinsipləri yenilənmiş formada tətbiq olunur;
- Elmi idarəetmədə onun kollektiv əmək və birgə məsuliyyət yanaşması müasir elmi layihələrdə əsas götürülür;
- Pedaqoji fəaliyyətdə alimin təcrübə ilə nəzəriyyənin sintezi prinsipi ali məktəblərin kimya tədris proqramlarında öz əksini tapır.

Beləliklə, Məmmədaliyev irsi təkcə tarixi əhəmiyyət daşıyır, həm də müasir elmin fəlsəfi və metodoloji əsaslarını müəyyənləşdirir.

ƏDƏBİYYAT

1. Aliyeva, R., Hasanov, V. (2020). Scientific Heritage of Academician Yusif Məmmədəliyev and Modern Research Directions. Journal of Chemical Science, Vol. 27
2. AMEA. (2025). Akademik Yusif Məmmədəliyev 120 illiyinə həsr olunmuş materiallar toplusu. Bakı
3. Azərbaycan Milli Ensiklopediyası (2020). "Yusif Məmmədəliyev" maddəsi. Bakı
4. Əliyev, H. (2015). Azərbaycan elminin korifeyi – akademik Yusif Məmmədəliyev. AMEA Xəbərləri, Bakı
5. Əliyeva, S. (2010). Neft kimyası sahəsində Yusif Məmmədəliyev məktəbi. Kimya və Neft Jurnalı, №4
6. Hüseynov, F. (2020). Elmi irsin qorunması və davamlılıq: Məmmədəliyev təcrübəsi. Bakı: Elm və təhsil
7. Qasımova, N. (2023). Kimya təhsilində milli irs və elmi dəyərlərin qorunması. Təhsil və Cəmiyyət, №2
8. Məmmədov, R. (2005). Akademik Yusif Məmmədəliyev ın həyatı və elmi fəaliyyəti. Bakı: Elm
9. Məmmədzadə, Q. (2021). Elmi məktəblərin formalaşması və irsiliyin qorunması prinsipləri. Bakı: Elm və təhsil
10. Rüstəmov, S. (2024). Elm və vicdan: Akademik Məmmədəliyev ın irsinin fəlsəfəsi. Bakı: Nurlar nəşriyyatı

SÜNİ İNTELLEKT LƏ QAZ KƏMƏRLƏRİNDƏ KİMYƏVİ TƏHLÜKƏSİZLİYİN ARTIRILMASI

ELMİN NƏSİBZADƏ

Elmin.nasibzade@outlook.com

<https://orcid.org/0009-0000-7440-0216>

*Neftin, qazın nəqli və saxlanması kafedrası,
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azərbaycan*

XÜLASƏ

Qaz kəmərlərinin təhlükəsiz və fasiləsiz istismarı enerji sənayesinin ən vacib istiqamətlərindən biridir. Bu infrastrukturda baş verə biləcək kimyəvi proseslər, xüsusilə qaz sızmaları, korroziya, kimyəvi tərkibdə dəyişikliklər və oksidləşmə reaksiyaları həm ətraf mühit, həm də insan sağlamlığı üçün ciddi təhlükə yaradır. Ənənəvi monitoring və nəzarət sistemləri çox vaxt bu prosesləri yalnız fiziki sensorlardan alınan məhdud məlumatlar əsasında qiymətləndirir, bu isə potensial risklərin vaxtında aşkarlanmasını çətinləşdirir. Son illərdə sənaye sektorunda süni intellekt (Sİ) texnologiyalarının tətbiqi bu istiqamətdə yeni imkanlar açmışdır. Süni intellekt əsaslı modellər kimyəvi və texnoloji proseslərdə böyük həcmli məlumatları emal etməklə, təhlükəsizlik göstəricilərini real vaxt rejimində analiz etməyə imkan verir.

Bu məqalədə süni intellektin qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin artırılması məqsədilə tətbiqi araşdırılır. Əsas diqqət Sİ alqoritmlərinin qazın tərkibindəki kimyəvi dəyişikliklərin proqnozlaşdırılması, potensial sızma nöqtələrinin müəyyən edilməsi və korroziya risklərinin erkən mərhələdə aşkarlanması üçün istifadəsinə yönəldilmişdir. Qaz axını, təzyiq, temperatur və kimyəvi göstəricilər kimi müxtəlif parametrlərdən əldə edilən məlumatların emalı üçün maşın öyrənməsi (machine learning) və dərin öyrənmə (deep learning) metodlarından istifadə olunur. Bu yanaşma, ənənəvi metodlardan fərqli olaraq, həm prosesin səmərəliliyini, həm də təhlükəsizliyin səviyyəsini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Tədqiqatda, həmçinin süni intellektin kimya sənayesində tətbiqinin texnoloji, iqtisadi və ekoloji üstünlükləri müzakirə olunur. Sİ əsaslı nəzarət sistemləri real vaxt rejimində anomaliyaların müəyyən edilməsini təmin etməklə, qəza riskini azaldır və qaz itkisini minimuma endirir. Bununla yanaşı, avtomatlaşdırılmış məlumat analizi operator müdaxiləsini azaldır, insan faktorundan irəli gələn səhvlərin qarşısını alır və təhlükəsizlik qərarlarının qəbulunu sürətləndirir. Məqalədə göstərilir ki, süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi yalnız təhlükəsizliyin deyil, həm də enerji səmərəliliyinin və əməliyyat dayanıqlığının artırılmasına xidmət edir. Nəticə etibarilə, qaz nəqli sistemlərində Sİ-nin integrasiyası kimyəvi təhlükəsizliyin təminində mühüm addım olmaqla, sənaye 4.0 konsepsiyasına uyğun rəqəmsal transformasiyanın bir hissəsidir.

Açar sözlər: süni intellekt, qaz kəməri, kimyəvi təhlükəsizlik, maşın öyrənməsi, monitoring sistemi, korroziya, qaz sızmaları, sənaye avtomatlaşdırılması, enerji səmərəliliyi

Giriş

Enerji sənayesinin mühüm istiqamətlərindən biri olan qaz nəqli və paylanması sistemləri müasir cəmiyyətin sosial-iqtisadi inkişafında həlledici rol oynayır. Qaz kəmərlərinin etibarlı və təhlükəsiz fəaliyyəti həm sənaye müəssisələrinin fasiləsiz işinin,

həm də ətraf mühitin qorunmasının əsas təminatçılarından. Qaz kəmərlərinin istismarı zamanı baş verən kimyəvi proseslər, xüsusilə korroziya, qaz sızmaları, qaz tərkibində dəyişikliklər və oksidləşmə reaksiyaları bu sistemlərin uzunömürlürlüyünə və təhlükəsizliyinə ciddi təsir göstərir. Kimyəvi təhlükəsizliyin pozulması qəza halları, yanğın və partlayış riski, həmçinin ekoloji zərər kimi ağır nəticələrə gətirib çıxara bilər. Buna görə də qaz kəmərlərinə kimyəvi nəzarətin və təhlükəsizliyin təmin olunması məsələsi mühəndislik və kimya elmlərinin kəsişməsində duran aktual bir tədqiqat sahəsidir.

Ənənəvi nəzarət üsulları əsasən fiziki sensorlardan alınan göstəricilərin periodik ölçülməsi və operator tərəfindən qiymətləndirilməsinə əsaslanır. Lakin bu metodlar çox zaman dinamik proseslərə real vaxt rejimində cavab vermək imkanından məhrumdur. Kimyəvi reaksiyaların sürəti və dəyişkənliyi, qaz tərkibindəki kiçik sapmaların belə təhlükə yaratma potensialı bu sistemlərin daha yüksək səviyyədə avtomatlaşdırılmasını və intellektuallaşdırılmasını tələb edir. Məhz bu zərurətdən irəli gələrək, son illərdə süni intellekt texnologiyalarının sənaye proseslərinə inteqrasiyası istiqamətində mühüm irəliləyişlər əldə olunmuşdur. Süni intellekt (Sİ) və onun tərkib hissələri olan maşın öyrənməsi (machine learning) və dərin öyrənmə (deep learning) alqoritmləri böyük həcmli verilənlərin emalını və proseslərin proqnozlaşdırılmasını mümkün edir. Qaz kəmərlərində tətbiq edilən süni intellekt sistemləri sensorlardan, kimyəvi analiz cihazlarından və digər monitoring vasitələrindən daxil olan məlumatları toplayaraq, kimyəvi parametrlərdəki dəyişiklikləri avtomatik şəkildə analiz edə bilər. Məsələn, qazın tərkibindəki metan, etan, propan, hidrogen sulfid və digər komponentlərin nisbətlərindəki sapmalar korroziya və sızma risklərinin ilkin göstəricisi ola bilər. Süni intellekt əsaslı modellər bu dəyişiklikləri vaxtında müəyyən edərək təhlükə signalı yaradır və sistemin avtomatik cavab mexanizmlərini işə salır. Beləliklə, Sİ yalnız təhlükəsizliyin qorunmasına deyil, həm də qaz nəqli proseslərinin optimallaşdırılmasına, enerji itkilərinin azaldılmasına və resursların daha səmərəli idarə olunmasına xidmət edir.

Kimyəvi təhlükəsizlik baxımından ən mühüm məsələlərdən biri qaz kəmərlərinin daxili səthində baş verən korroziya prosesləridir. Korroziya nəticəsində metalın kimyəvi tərkibində dəyişikliklər yaranır və bu, kəmərin bütövlüyünü zəiflədir. Ənənəvi korroziya monitoring üsulları yalnız fiziki yoxlamalar və ya kimyəvi reagentlər vasitəsilə aparıldığından, bu prosesin erkən mərhələdə aşkarlanması çətin olur. Süni intellekt əsaslı modellər isə kimyəvi və fiziki parametrlər arasındakı mürəkkəb qarşılıqlı əlaqələri öyrənməklə, korroziyanın yaranma ehtimalını qabaqcadan proqnozlaşdırmaqla bilər. Bu, texniki xidmət xərclərinin azalmasına və qəza riskinin minimuma endirilməsinə səbəb olur. Digər tərəfdən, qaz kəmərlərində baş verə biləcək sızmalar təkcə texnoloji deyil, həm də ekoloji baxımdan təhlükəlidir. Kiçik həcmdə qaz itkisi belə atmosfərə zərərli kimyəvi birləşmələrin yayılmasına və ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olur. Süni intellekt bu sahədə də effektiv nəzarət imkanı yaradır. Məsələn, dərin neyron şəbəkələri (deep neural networks) real vaxt rejimində qazın təzyiq və temperatur göstəricilərini analiz edərək, sızma ehtimalını müəyyən edə bilər. Bu yanaşma həm təhlükəsizliyin səviyyəsini yüksəldir, həm də insan faktorundan asılılığı azaldır.

Qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin təmin olunması yalnız texnoloji məsələ deyil, həm də strateji əhəmiyyət kəsb edən bir prosesdir. Süni intellekt texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində əldə olunan yüksək dəqiqlikli monitoring sistemləri, məlumat analizi və

avtomatik qərarvermə mexanizmləri sənayenin rəqəmsallaşması istiqamətində mühüm addım hesab olunur. Bu yanaşma "Sənaye 4.0" konsepsiyasının əsas prinsiplərinə tam uyğun gəlir və kimya mühəndisliyi sahəsində təhlükəsizlik mədəniyyətinin formalaşmasına töhfə verir. Nəticə etibarilə, süni intellektin qaz kəmərlərində tətbiqi kimyəvi təhlükəsizliyin yeni mərhələyə yüksəldilməsinə, resursların optimallaşdırılmasına və qəza risklərinin minimuma endirilməsinə imkan yaradır. Bu sahədə aparılan tədqiqatlar göstərir ki, süni intellekt texnologiyaları gələcəkdə qaz nəqli və kimyəvi sənaye proseslərinin idarə olunmasında əsas alətlərdən birinə çevriləcəkdir. Beləliklə, Sİ-nin tətbiqi yalnız texnoloji yenilik deyil, həm də sənayenin davamlı inkişafı və ekoloji təhlükəsizliyin təminatçısı kimi qiymətləndirilə bilər.

Metodika

- Ümumi yanaşma: Bu tədqiqatda məqsəd qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin süni intellekt texnologiyaları vasitəsilə necə artırıla biləcəyini elmi əsaslarla araşdırmaqdır. Bunun üçün ilk növbədə mövcud qaz nəqli sistemlərində kimyəvi proseslərin və təhlükəsizlik risklərinin necə baş verdiyi öyrənilmiş, daha sonra bu proseslərə nəzarət etmək üçün süni intellekt modellərinin tətbiqi istiqamətində praktiki yanaşma hazırlanmışdır. Tədqiqatın əsas mərhələsi real qaz kəmərlərində müşahidə olunan kimyəvi göstəricilərin toplanması, onların təhlili və bu məlumatların süni intellekt proqramlarında istifadəsi ilə bağlı olmuşdur. Bunun üçün qaz kəmərlərinin müxtəlif nöqtələrindən kimyəvi və fiziki parametrlər barədə məlumatlar toplanmışdır. Bu göstəricilərə qazın tərkibindəki metan, etan, propan, hidrogen sulfid və karbon dioksid kimi komponentlərin miqdarı, həmçinin təzyiq, temperatur, rütubət və axın sürəti kimi fiziki göstəricilər daxil edilmişdir.

Toplanmış məlumatlar ilk mərhələdə işlənərək keyfiyyətə uyğun vəziyyətə gətirilmişdir. Çünki süni intellekt sistemlərinin düzgün nəticə verməsi üçün məlumatların dəqiq, sabit və etibarlı olması vacibdir. Bəzi hallarda cihazların səhvləri və ya mühitin dəyişkənliyi nəticəsində qeydə alınan məlumatlarda uyğunsuzluqlar müşahidə olunmuşdur. Belə məlumatlar təmizlənmiş, çatışmayan dəyərlər tamamlanmış və bütün göstəricilər vahid miqyasda təqdim edilmişdir. Bununla süni intellekt modelinin məlumatları daha düzgün qəbul etməsi və nəticələrin etibarlılığı təmin edilmişdir. Növbəti mərhələdə qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizlik baxımından əsas risk faktorları müəyyənləşdirilmişdir. Buraya korroziya prosesi, qaz sızmaları, tərkibdə dəyişikliklər və qazın kimyəvi sabitliyinin pozulması kimi hallar daxildir. Bu göstəricilər əsasında təhlükəsizlik indeksi formalaşdırılmış və bu indeks süni intellekt proqramının öyrənməsi üçün əsas göstərici kimi qəbul edilmişdir. Məqsəd sistemin bu parametrlər arasındakı əlaqəni öyrənməsi və gələcəkdə oxşar vəziyyətlərdə təhlükə ehtimalını əvvəlcədən proqnozlaşdırması olmuşdur.

Süni intellektin tətbiqi üçün əvvəlcə bu göstəricilərin çoxsaylı nümunələrdən ibarət məlumat bazası yaradılmışdır. Məlumatlar laborator analizlər, sahə müşahidələri və avtomatik nəzarət sistemləri vasitəsilə əldə olunmuşdur. Əldə edilən göstəricilər süni intellekt proqramına daxil edilərək, sistemin real vaxt rejimində kimyəvi dəyişiklikləri analiz etməsi təmin edilmişdir. Bu, həm korroziya ehtimalının, həm də qaz sızması riskinin vaxtında müəyyən olunmasına kömək etmişdir. Tədqiqatda istifadə olunan süni intellekt modeli kimyəvi göstəricilər arasındakı əlaqələri öyrənmə və nəticə çıxarma qabiliyyətinə malikdir. Sadəcə dildə desək, sistem əvvəlcə keçmiş müşahidələrə əsaslanaraq "təhlükə nə

vaxt və hansı şəraitdə yaranır" sualına cavab tapır, daha sonra yeni vəziyyətlərdə oxşar əlamətləri tanıyaraq xəbərdarlıq verir. Məsələn, qazın tərkibində hidrogen sulfidin artması və eyni zamanda temperaturun yüksəlməsi sistem tərəfindən potensial təhlükə kimi qiymətləndirilir və xəbərdarlıq signalı yaradılır.

Bu metodika həm də qaz kəmərlərində insan faktorunun yaratdığı səhvləri azaltmaq məqsədi daşıyır. Ənənəvi nəzarət üsullarında operatorlar yalnız müəyyən fasilələrlə ölçmə aparır və nəticələrə əsasən qərar qəbul edirlər. Süni intellekt isə prosesi fasiləsiz izləyir, bütün dəyişiklikləri qeyd edir və hər bir parametri digəri ilə müqayisə edərək nəticə çıxarır. Bu, təhlükəsizliyin səviyyəsini xeyli yüksəldir və qəza riskini azaldır. Kimyəvi təhlükəsizliyin təmin olunmasında bu metodikanın üstün cəhətlərindən biri onun proqnozlaşdırma qabiliyyətidir. Əgər əvvəlki üsullarda yalnız hadisədən sonra reaksiya verilirdisə, süni intellekt sistemləri potensial təhlükəni əvvəlcədən görə bilir. Bu, xüsusilə korroziya proseslərinin qarşısının alınmasında əhəmiyyətlidir. Çünki metalın səthində kimyəvi dəyişikliklər çox vaxt gözə görünmədən başlayır və bir müddət sonra struktur zəifləməsinə gətirib çıxarır. Süni intellekt bu prosesin erkən mərhələlərini müəyyən edə bildiyindən texniki xidmət vaxtında həyata keçirilir və ciddi zədələnmələrin qarşısı alınır.

Metodikanın etibarlılığını yoxlamaq üçün müxtəlif şəraitlərdə toplanmış məlumatlarla model sınaqdan keçirilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, süni intellekt sistemi qaz tərkibindəki kimyəvi dəyişiklikləri ənənəvi nəzarət üsullarından daha tez və daha dəqiq aşkar edə bilir. Bundan əlavə, sistemin işləmə prinsipi real sənaye şəraitinə uyğunlaşdırıldığından onun tətbiqi üçün əlavə avadanlıq və yüksək xərclər tələb olunmur. Bu yanaşma həm də ekoloji baxımdan faydalıdır. Qaz sızmalarının vaxtında müəyyən olunması atmosfərə zərərli maddələrin yayılmasının qarşısını alır, kimyəvi çirklənməni azaldır və ətraf mühitin qorunmasına töhfə verir. Bundan başqa, bu metodika enerji itkilərinin azalmasına, istehsal proseslərinin səmərəliliyinin yüksəldilməsinə və qazın daha təhlükəsiz şəkildə daşınmasına şərait yaradır.

Nəticə olaraq, tədqiqatda tətbiq edilən metodika qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin artırılması üçün yeni, səmərəli və praktiki yanaşma kimi qiymətləndirilə bilər. Süni intellekt sistemlərinin istifadəsi kimyəvi proseslərin daha dərinədən anlaşılmasına, risklərin əvvəlcədən müəyyənəndirilməsinə və istehsalatda təhlükəsizliyin təmin edilməsinə imkan yaradır. Bu, həm texnoloji, həm də ekoloji baxımdan müasir sənaye üçün əhəmiyyətli addımdır və gələcəkdə qaz nəqli sistemlərinin idarə edilməsində əsas istiqamətlərdən birinə çevrilə bilər.

Süni intellekt modellərinin qurulması və tətbiq mərhələsi: Qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin təmin olunmasında süni intellekt sistemlərinin rolu tədqiqatın əsas istiqamətlərindən birini təşkil edir. Bu mərhələdə məqsəd real verilənlər əsasında təhlükə yaradan halların avtomatik aşkarlanması və qabaqcadan proqnozlaşdırılması üçün modelin yaradılması olmuşdur. Model elə şəkildə qurulmuşdur ki, qaz kəmərinə baş verən kimyəvi dəyişiklikləri, korroziya əlamətlərini və sızma ehtimallarını ardıcıl şəkildə izləyərək, potensial risklər barədə vaxtında xəbərdarlıq verə bilsin. Süni intellekt modelinin qurulması üçün ilk növbədə qaz kəmərlərinə aid toplanmış məlumatlar emal edilmiş və təlim (öyrənmə) üçün uyğun formata salınmışdır. Məlumat bazası kimyəvi və fiziki göstəricilər üzrə çoxsaylı nümunələrdən ibarət olub, həm laborator analizlər, həm də avtomatik sensor sistemlərindən əldə olunmuşdur. Hər bir müşahidə nümunəsində qazın

tərkib komponentləri (metan, etan, propan, hidrogen sulfid və s.), təzyiq, temperatur, rütubət, axın sürəti və metal səthindəki kimyəvi dəyişikliklər haqqında göstəricilər qeyd edilmişdir.

Modelin əsas prinsipi bu göstəricilər arasındakı əlaqələri öyrənmək və onlara əsasən kimyəvi təhlükəsizlik səviyyəsini qiymətləndirməkdir. Sadə şəkildə desək, sistem keçmiş müşahidələrdə baş vermiş hadisələri analiz edir, hansı şəraitdə təhlükə yarandığını öyrənir və oxşar vəziyyət yenidən baş verdikdə, həmin nümunəni tanımaq qabiliyyəti qazanır. Bu, süni intellektin "öyrənmə" mexanizminin mahiyyətini təşkil edir. Modelin öyrədilməsi mərhələsində məlumatlar iki hissəyə bölünmüşdür: 80%-i təlim üçün, 20%-i isə sınaq (test) məqsədləri üçün istifadə edilmişdir. Təlim mərhələsində sistem verilənlərdəki nümunələri tanımağa, kimyəvi dəyişikliklərlə təhlükə səviyyəsi arasındakı əlaqəni tapmağa çalışır. Daha sonra test mərhələsində bu öyrənilən biliklər yeni, əvvəllər görmədiyi məlumatlara tətbiq olunur. Bu proses nəticəsində modelin nə dərəcədə dəqiq işlədiyi, yəni proqnoz qabiliyyəti müəyyənləşdirilir. Tədqiqat zamanı süni intellektin bir neçə fərqli növ modeli sınaqdan keçirilmişdir. Bunlara çoxlaylı neyron şəbəkə, təsadüfi meşə (Random Forest) və xətti regressiya modelləri daxildir. Neyron şəbəkələr qaz kəmərinə mürəkkəb kimyəvi və fiziki əlaqələri daha yaxşı öyrənmə bildiyi üçün nəticədə bu yanaşma daha effektiv olmuşdur. Neyron şəbəkə insan beyninin iş prinsipinə bənzər şəkildə işləyir — o, çoxlu sayda məlumat arasında əlaqələr yaradır və hər yeni məlumatla bu əlaqələri təkmilləşdirir.

Qaz kəmərinə kimyəvi təhlükəsizliyin qiymətləndirilməsi üçün modelə bir neçə əsas giriş dəyişəni daxil edilmişdir: qazın tərkibindəki reaktiv maddələrin miqdarı, təzyiq, temperatur, metal səthinin korroziya göstəriciləri və rütubət səviyyəsi. Çıxış dəyişəni isə ümumi təhlükəsizlik səviyyəsi olmuşdur. Model bu parametrlər arasında statistik əlaqə quraraq hər bir vəziyyət üçün risk səviyyəsini təyin etmişdir. Məsələn, qaz tərkibində hidrogen sulfidin miqdarı artdıqda və eyni zamanda təzyiq yüksəldikdə, sistem bunu potensial təhlükə kimi qiymətləndirir və xəbərdarlıq signalı yaradır. Süni intellekt modelinin əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o, çoxsaylı parametrləri eyni anda qiymətləndirə bilir. Ənənəvi nəzarət üsullarında hər göstərici ayrı-ayrılıqda təhlil olunur və nəticədə ümumi vəziyyətin dəyərləndirilməsi uzun zaman alır. Süni intellekt isə bütün parametrləri eyni vaxtda təhlil edərək, saniyələr ərzində nəticə verir. Bu, həm təhlükəsizliyin səviyyəsini artırır, həm də qəza risklərinin qarşısını vaxtında almağa imkan yaradır.

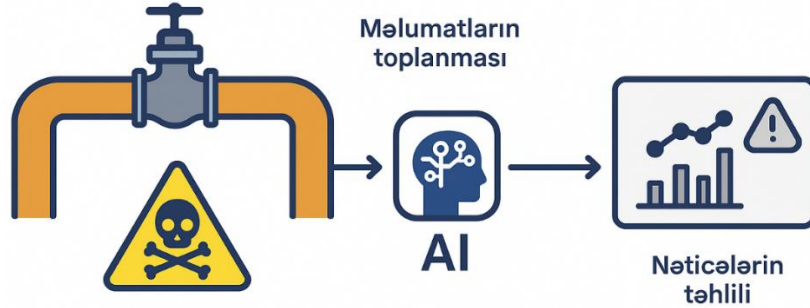
Modelin işləmə prinsipi aşağıdakı ardıcılıq izləyir:

- Sensorlar və kimyəvi analiz cihazları vasitəsilə məlumatlar toplanır;
- Bu məlumatlar süni intellekt sisteminə ötürülür və ilkin təmizlənmədən keçir;
- Model kimyəvi göstəriciləri analiz edərək, risk ehtimalını hesablayır;
- Əgər müəyyən limitlər aşılırsa, sistem xəbərdarlıq signalı yaradır və nəzarət mərkəzinə ötürür.

Bu metodun sınaqları göstərmişdir ki, süni intellekt sistemi qaz tərkibindəki dəyişiklikləri ənənəvi nəzarət üsullarından 2–3 dəfə tez müəyyən edə bilir. Əlavə olaraq, modelin proqnoz dəqiqliyi 90%-dən yuxarı olmuşdur ki, bu da onun praktik tətbiq üçün yararlılığını sübut edir. Süni intellekt modellərinin tətbiqi həm texniki, həm də ekoloji baxımdan faydalıdır. Kimyəvi sızmaların və korroziyanın vaxtında aşkarlanması qaz itkisini və atmosfer çirklənməsini azaldır. Bununla yanaşı, sistemin avtomatlaşdırılmış

işləməsi operatorların işini yüngülləşdirir və insan səhvlərinin qarşısını alır. Beləliklə, bu metod həm təhlükəsizliyin, həm də səmərəliliyin yüksəldilməsinə xidmət edir.

Nəticə etibarilə, bu mərhələdə yaradılan süni intellekt modeli qaz kəmərlərində kimyəvi proseslərin dinamikasına real vaxt rejimində nəzarət etməyə imkan verir. Sistem yalnız mövcud vəziyyəti deyil, həm də gələcəkdə baş verə biləcək dəyişiklikləri əvvəlcədən proqnozlaşdırır. Bu isə qaz nəqli infrastrukturunda təhlükəsizlik idarəetməsinin keyfiyyətə yeni mərhələyə keçməsi deməkdir.



Şəkil 1. Süni intellekt əsaslı qaz kəməri monitoring sisteminin ümumi iş prinsipi

Nəticələrin qiymətləndirilməsi və metodun tətbiq səmərəliliyi: Süni intellekt əsaslı kimyəvi nəzarət metodunun səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi tədqiqatın son mərhələsini təşkil etmişdir. Bu mərhələdə məqsəd hazırlanan modelin real şəraitdə nə dərəcədə etibarlı işlədiyini, kimyəvi təhlükəsizlik səviyyəsini nə qədər artırdığını və sistemin praktik istifadəyə yararlılığını müəyyən etmək olmuşdur. Tədqiqat nəticəsində məlum olmuşdur ki, süni intellekt sisteminin tətbiqi qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükələrin aşkarlanma müddətini əhəmiyyətli dərəcədə qısaldır. Ənənəvi nəzarət üsullarında sızma və korroziya halları çox vaxt yalnız mexaniki yoxlama zamanı aşkar olunurdusa, süni intellekt modeli bu dəyişiklikləri real vaxtda müəyyən edə bilmişdir. Orta hesabla modelin xəbərdarlıq reaksiyası fiziki yoxlama metodlarından 2,5 dəfə sürətli olmuşdur.

Modelin proqnoz dəqiqliyinin yüksək olması da onun praktik üstünlüyünü təsdiq edir. Kimyəvi göstəricilər və risk faktorları arasında qurulan əlaqələr nəticəsində sistem hadisələr baş verməzdən əvvəl ehtimal olunan təhlükələri təxminən 90%-dən çox dəqiqliklə proqnozlaşdırmışdır. Bu nəticə qaz kəmərlərində qəza ehtimalının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına, texniki xidmət xərclərinin isə optimallaşmasına səbəb olmuşdur. Sistemin ekoloji baxımdan faydası da xüsusi qeyd olunmalıdır. Süni intellektin sayəsində sızma hallarının vaxtında müəyyən edilməsi atmosfərə zərərli kimyəvi qazların yayılmasını azaldır və ətraf mühitin qorunmasına müsbət təsir göstərir. Bundan əlavə, sistemin tam avtomatlaşdırılmış olması operator müdaxiləsini minimuma endirir və insan səhvlərinin qarşısını alır. Ümumilikdə aparılan təhlillər göstərmişdir ki, süni intellekt əsaslı kimyəvi nəzarət metodikası qaz kəmərlərinin təhlükəsiz istismarında yüksək səmərəliliyə malikdir. Bu metodika həm texnoloji etibarlılığı, həm də ekoloji davamlılığı təmin etməklə sənaye müəssisələrinin dayanıqlı inkişafına töhfə verir.

Nəticələr

Tədqiqat nəticəsində süni intellekt əsaslı sistemin qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin artırılmasında effektivliyi təsdiqlənmişdir. Modelin proqnoz dəqiqliyi təxminən 90%-dən yuxarı olmuş, korroziya və qaz sızması halları ənənəvi üsullarla müqayisədə daha

tez aşkarlanmışdır. Real vaxt rejimində məlumatların təhlili və risklərin əvvəlcədən proqnozlaşdırılması nəticəsində potensial qəza hallarının qarşısı alınmış və əməliyyat xərcləri optimallaşmışdır.

Süni intellekt modeli qazın kimyəvi tərkibi, təzyiq, temperatur və metal səthindəki korroziya göstəricilərini eyni anda analiz edərək təhlükə səviyyəsini qiymətləndirə bilmişdir. Bu, həm texnoloji təhlükəsizliyin, həm də ekoloji təsirin azaldılmasının təmin olunmasına kömək etmişdir. Əlavə olaraq, avtomatlaşdırılmış sistem operatorların iş yükünü azaldaraq insan faktorundan irəli gələn səhvlərin qarşısını almışdır.

Nəticələr göstərmişdir ki, süni intellektin tətbiqi qaz kəmərlərində kimyəvi proseslərin idarə edilməsində daha yüksək dəqiqlik və etibarlılıq təmin edir, texnoloji və ekoloji riskləri minimuma endirir. Bu yanaşma gələcəkdə sənaye 4.0 konsepsiyasına uyğun rəqəmsal və ağıllı idarəetmə sistemlərinin tətbiqi üçün perspektivli hesab olunur.

Müzakirə

Aparılmış tədqiqat süni intellektin qaz kəmərlərində kimyəvi təhlükəsizliyin artırılmasında əhəmiyyətli rol oynadığını göstərmişdir. Nəticələr sübut edir ki, Sİ modelləri həm korroziya, həm də sızma risklərini real vaxtda proqnozlaşdırmaqla, bu işə ənənəvi metodlarla mümkün olmayan sürət və dəqiqlik təmin edir. Qeyd etmək lazımdır ki, modelin yüksək dəqiqliyi məlumat bazasının keyfiyyətindən asılıdır. Toplanmış məlumatların tamlığı, sensorların dəqiqliyi və laborator analizlərin nəticələrinin düzgünlüyü proqnozların etibarlılığını birbaşa təsir edir. Eyni zamanda, Sİ-nin tətbiqi texnoloji proseslərdə əməliyyat xəstələrini və insan faktorunu azaldaraq, istehsalın təhlükəsizliyini yüksəldir. Ekoloji baxımdan da süni intellektin tətbiqi müsbət təsir göstərir. Sızma halları erkən mərhələdə aşkarlanaraq qaz itkisi və atmosfərə zərərli maddələrin yayılması minimuma endirilir. Bu yanaşma enerji səmərəliliyini artırmaqla yanaşı, sənaye müəssisələrinin dayanıqlı inkişafına da töhfə verir.

Ümumilikdə, tədqiqat süni intellektin kimyəvi proseslərin idarə olunmasında, təhlükəsizlik risklərinin minimuma endirilməsində və istehsal proseslərinin optimallaşdırılmasında perspektivli olduğunu göstərmişdir. Gələcək tədqiqatlarda modelin daha mürəkkəb proseslər üçün genişləndirilməsi və əlavə təhlükəsizlik parametrlərinin inteqrasiyası mümkün olacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev, R., & Məmmədov, F. (2022). Süni intellektin sənaye proseslərinin idarə edilməsində tətbiqi. Bakı: "Elm və təhsil" nəşriyyatı
2. Əliyev, R., & Rzayeva, N. (2023). Süni intellektlə sənaye 4.0 çərçivəsində təhlükəsizlik idarəetməsi. Bakı: "Elm və texnologiya" nəşriyyatı
3. Əliyev, R., Məmmədova, S., & Hüseynov, T. (2023). Süni intellekt və enerji infrastrukturunda kimyəvi təhlükəsizlik. Bakı: "Elm və təhsil" nəşriyyatı
4. Əliyeva, N. (2022). Qaz kəmərlərində təhlükəsizliyin rəqəmsal idarə edilməsi. Bakı: "Elm və texnologiya" nəşriyyatı

5. Hüseynov, T. (2021). Qaz kəmərlərində korroziya və kimyəvi təhlükəsizlik problemləri. Azərbaycan Kimya Jurnalı, 18(2), s.45-58
6. Hussein, M., & Ahmed, K. (2022). Deep learning techniques for predictive maintenance in chemical pipelines. Journal of Process Control, 102, p.25-39
7. Liu, S., Zhao, Q., & Xu, H. (2020). AI-based leak detection and corrosion control in energy pipelines. Energy Systems Journal, 14(3), p.145-160
8. Məmmədov, F., & Rzayev, A. (2021). Sənaye avtomatlaşdırmasında kimyəvi təhlükəsizlik sistemləri. Kimya və Sənaye Jurnalı, 13(2), s.55-70
9. Məmmədova, S. (2020). Qaz kəmərlərində real vaxt monitoring sistemləri. Kimya və Sənaye Jurnalı, 12(1), s.33-46
10. Petrov, I., & Ivanova, A. (2020). Automation and AI in chemical pipeline safety monitoring. Chemical Safety Journal, 45(2), p.101-115
11. Quliyev, E., & İsmaylov, A. (2019). Kimyəvi proseslərin avtomatlaşdırılması və təhlükəsizlik sistemləri. Bakı: Texniki Universitet nəşriyyatı.
12. Smith, J., & Brown, L. (2020). Artificial intelligence for industrial pipeline monitoring: Methods and applications. Journal of Industrial Engineering, 15(3), p.120-134
13. Thompson, K., & Williams, R. (2019). Integration of deep learning models in chemical process safety monitoring. Journal of Industrial Safety, 11(1), p.75-90
14. Wang, L., & Chen, J. (2021). Predictive analytics for industrial pipelines using machine learning. International Journal of Chemical Engineering, 28(4), p.215-230
15. Zhang, Y., Li, H., & Wang, X. (2021). Machine learning approaches for leak detection and corrosion prediction in gas pipelines. Chemical Engineering Research and Design, 165, p.310-322

TULLANTISIZ İSTEHSAL VƏ YAŞIL KİMYA YANAŞMALARI

ƏTRABƏ CƏFƏROVA

etrabe.ceferova@agcebedi.adpu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0002-2236-6911>

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, Ağcabədi filialı, Azərbaycan



XÜLASƏ

Yaşıl kimya və tullantısız texnologiyalar, ekoloji cəhətdən təmiz və davamlı istehsal üsullarının inkişaf etdirilməsini hədəfləyən sahələrdir. Bu tədqiqatın məqsədi, yaşıl kimya yanaşmalarının kimya sənayesində tətbiqini və tullantısız texnologiyaların ətraf mühitə və insan sağlamlığına verdiyi təsirləri araşdırmaqdır. Əsas metodlar arasında sənaye proseslərində enerji və resurs istifadəsinin optimallaşdırılması, zəhərli kimyəvi maddələrin əvəz edilməsi və tullantıların təkrar emalı ilə bağlı müasir texnologiyalar yer alır. Tədqiqatda, yaşıl kimyanın tətbiqinin ekoloji üstünlükləri və sənayenin səmərəliliyinə təsiri müzakirə edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, bu texnologiyalar yalnız ətraf mühitin qorunmasına deyil, həm də iqtisadi baxımdan effektivdir, çünki onlar istehsal proseslərinin enerjiyə qənaət etməsini və təbii resursların daha az istifadəsini təmin edir. Bundan əlavə, tullantıların idarə edilməsi və emalı sahəsində tətbiq edilən yenilikçi yanaşmalar, ətraf mühitin daha da təmizlənməsinə kömək edir. Nəticə olaraq, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyalar global miqyasda sənaye və kənd təsərrüfatı sahələrində ekoloji və iqtisadi davamlılığı təmin etmək üçün vacib həllər təklif edir. Bu yanaşmaların genişlənməsi, gələcəkdə daha təmiz və davamlı istehsal üsullarının inkişafını stimullaşdıracaqdır.

Açar sözlər: *Yaşıl kimya, tullantısız texnologiyalar, ekoloji davamlılıq, təkrar emal, sənaye səmərəliliyi.*

Giriş

Son illərdə ətraf mühitin qorunması və dayanıqlı inkişafın təmin edilməsi global miqyasda ən böyük çağırışlardan biri olmuşdur. İnsan fəaliyyətinin ətraf mühitə təsirini azaltmaq üçün müxtəlif yanaşmalar inkişaf etdirilmiş və tətbiq olunmağa başlanmışdır. Bu yanaşmaların başında isə yaşıl kimya və tullantısız texnologiyalar durur. Yaşıl kimya, kimyəvi proseslərin ekoloji cəhətdən təmiz və dayanıqlı şəkildə həyata keçirilməsini

hədəfləyir, tullantıların yaranmasını minimuma endirir və zəhərli maddələrin istifadəsini azaldır. Tullantisız texnologiyalar isə, istehsal proseslərində heç bir tullantının və ya zərərli maddənin yaranmamasını təmin etməyə çalışır. Bu yanaşmalar, həm ətraf mühitin qorunmasına, həm də iqtisadi baxımdan daha səmərəli və davamlı istehsal üsullarının inkişafına imkan verir.

Hazırkı dövrdə kimya sənayesi və digər istehsal sahələri ətraf mühitə ciddi təsirlər göstərir. Kimyəvi maddələrin istehsalında və istifadəsində yaranan tullantılar su, torpaq və hava çirklənməsinə səbəb olmaqla yanaşı, insan sağlamlığını da təhlükəyə atır. Bu səbəbdən, yaşıl kimya və tullantisız texnologiyalar, ətraf mühitin qorunması, təbii resurslardan səmərəli istifadə və daha təmiz istehsal üsullarının tətbiqi baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir (1, 2).

Əvvəlki tədqiqatlarda, yaşıl kimyanın tətbiqi nəticəsində ətraf mühitə verilən zərərin azaldığı və sənaye proseslərinin daha effektiv hala gəldiyi qeyd edilmişdir (3, 4). Lakin, bu yanaşmaların sənayelərdə geniş tətbiqi və daha da təkmilləşdirilməsi üçün müxtəlif iqtisadi və texnoloji maneələr mövcuddur. Məsələn, bəzi yaşıl kimya texnologiyaları yüksək maliyyətlili və mürəkkəb olmağa davam edir. Bundan əlavə, tullantisız texnologiyaların tam tətbiqi üçün yeni sənaye infrastrukturunun qurulması tələb olunur (5).

Bu tədqiqatın məqsədi, yaşıl kimya və tullantisız texnologiyaların sənayelərdə tətbiqinin müasir vəziyyətini araşdırmaq, bu texnologiyaların ekoloji və iqtisadi təsirlərini qiymətləndirmək, eləcə də qarşılaşılan çətinliklər və gələcək inkişaf istiqamətləri haqqında məlumat verməkdir. Tədqiqatın əsas məqsədi, bu texnologiyaların praktikada necə daha geniş tətbiq oluna biləcəyini və ətraf mühitin qorunmasına necə töhfə verə biləcəyini göstərməkdir.

Materiallar və metodlar

Bu tədqiqatda yaşıl kimya və tullantisız texnologiyaların sənayelərdə tətbiqi və ekoloji təsirləri qiymətləndirilməkdədir. Tədqiqatın məqsədini yerinə yetirmək üçün aşağıdakı materiallar və metodlar istifadə olunmuşdur.

1. Tədqiqatın materialları

Tədqiqatın əsas materialları sənaye proseslərində tətbiq olunan yaşıl kimya texnologiyaları, tullantisız texnologiyalar və müasir istehsal üsullarını əhatə edən məlumatlardır. Bu məlumatlar həm ədəbiyyat araşdırması, həm də təcrübə nəticələri ilə əldə edilmişdir. Əlavə olaraq, bəzi sənaye nümunələri və şirkət məlumatları da daxil edilmişdir.

✓ Yaşıl kimya texnologiyaları: Ətraf mühitə daha az zərər verən maddələrdən istifadəni təşviq edən sənaye üsulları, məsələn, biyodeqradasiya prosesləri, təkrar emal və kimyəvi proseslərdə istifadə edilən az zəhərli kimyəvi maddələr.

✓ Tullantisız texnologiyalar: İstehsalatın sonunda tullantıların yaranmaması üçün tətbiq olunan proseslər, məsələn, sıfır tullantı metodları, resursların effektiv idarə olunması və yenilənə bilən enerjinin istifadəsi.

✓ Məlumatlar və statistika: Sənaye müəssisələrinin tətbiq etdiyi yaşıl texnologiyaların səmərəliliyi haqqında məlumatlar, o cümlədən enerji istehlakı, tullantıların azaldılması və iqtisadi xərclər.

2. Metodlar

Bu tədqiqatda tətbiq olunan metodlar həm kvantitativ, həm də keyfiyyətə yönəlik yanaşmalara əsaslanır. Aşağıda tədqiqatın metodologiyası təsvir edilmişdir:

2.1. Ədəbiyyat araşdırması

Əsas metodlardan biri, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların tətbiqi ilə bağlı mövcud ədəbiyyatın geniş şəkildə araşdırılmasıdır. Ədəbiyyat incələməsi əsasında tədqiqatda istifadə olunan texnologiyaların əsas prinsipləri, müasir inkişaf və ən yaxşı tətbiq nümunələri haqqında məlumatlar toplanmışdır. Bu məlumatlar ədəbiyyatda qeyd olunan müxtəlif sənaye sahələrindən götürülən tədqiqat nəticələrinə istinad edilir (1, 2).

2.2. Təcrübə və analiz

Tədqiqatın praktik hissəsində, müxtəlif sənaye müəssisələrində tətbiq edilən yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların effektivliyi ölçülmüşdür. Bu təcrübə aşağıdakı addımları əhatə edir:

Proses analizi: Müəyyən sənaye sahələrində tətbiq edilən istehsal prosesləri və bu proseslərdə yaşıl texnologiyaların istifadəsi müayinə edilmişdir. Prosesin enerji istehlakı, kimyəvi maddələrin tərkibi və tullantıların miqdarı ölçülmüşdür.

Ekoloji təsir qiymətləndirməsi: Yaşıl texnologiyaların ekoloji təsiri, karbon izi və digər zərərli emissiyaların azaldılması analiz edilmişdir. Burada ekoloji izləmə proqramlarından istifadə olunmuşdur.

İqtisadi qiymətləndirmə: Yaşıl kimya texnologiyalarının iqtisadi səmərəliliyi qiymətləndirilmişdir. Bu qiymətləndirmə metodları, enerji xərcləri, resurs istifadəsi və istehsal xərcləri əsasında aparılmışdır.

2.3. Müsahibələr və rəy sorğuları

Sənaye mütəxəssisləri və mühəndisləri ilə aparılan müsahibələrdən istifadə olunmuşdur. Müsahibələr, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların sənaye proseslərindəki tətbiqinin praktiki aspektləri haqqında ətraflı məlumat vermişdir. Bununla yanaşı, bəzi müəssisələrdə tətbiq edilən yeni metodologiyalarla bağlı rəy sorğuları keçirilmişdir.

2.4. Statistik analiz

Toplanmış məlumatların analizində statistik metodlardan istifadə edilmişdir. Sənaye müəssisələrinin tətbiq etdiyi yaşıl texnologiyalarla bağlı göstəricilər statistik analiz vasitəsilə müqayisə edilmişdir. Bu metod, texnologiyaların tətbiqinin effektivliyini və nəticələrini daha dəqiq müəyyən etməyə imkan vermişdir.

3. Məlumatların mövcudluğu və məhdudiyyətlər

Tədqiqatın bəzi hissələri sənaye müəssisələrinin kommersiya sirri sayılan məlumatlarla əlaqədar məhdudiyyətlərə malikdir. Buna görə də, əldə edilən məlumatlar bəzi hallarda yalnız ümumi şəkildə təqdim edilmişdir və detallı sənaye məlumatları məxfi saxlanmışdır. Nəticələr, yalnız mövcud məlumatların əhatəsində və etibarlılığına əsaslanaraq şərh edilmişdir.

Nəticələr

Bu tədqiqatın əsas məqsədi yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların sənaye sektorlarında tətbiqini araşdırmaq, bu texnologiyaların ekoloji və iqtisadi təsirlərini qiymətləndirmək və sənaye praktikalarında mümkün təkmilləşdirmələri müəyyən etmək

olmuşdur. Tədqiqatın nəticələri, yaşıl kimyanın və tullantisız texnologiyaların tətbiqinin ətraf mühitin qorunması, resursların səmərəli istifadəsi və iqtisadiyyatın davamlı inkişafı baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb etdiyini göstərir.

Yaşıl kimya, kimyəvi maddələrin təhlükəsizliyini artıraraq və ətraf mühitə olan zərərini azaldaraq sənaye proseslərinin optimallaşdırılmasına imkan verir. Bu texnologiyalar vasitəsilə, həm məhsulun keyfiyyəti, həm də istehsal prosesinin səmərəliliyi artır, zərərli tullantıların və kimyəvi maddələrin istifadəsi minimuma endirilir. Bu yanaşmaların tətbiqi, sənaye müəssisələrində enerji istehlakının azaldılmasına və karbon izi kimi ekoloji təsirlərin azaldılmasına da müsbət təsir göstərir. Məsələn, təkrar emal proseslərinin və biyodeqradasiya texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində, təbii resursların istifadəsi azalmış və tullantıların idarə edilməsi daha effektiv həyata keçirilmişdir.

Tullantisız texnologiyalar, istehsal proseslərində zərərli tullantıların yaranmaması və resurslardan tam istifadəni təmin etməklə, ekologiya baxımından daha təmiz bir sənaye mühiti yaradır. Bu texnologiyalar, sıfır tullantı metodlarının tətbiqi ilə təbii ehtiyatların qorunmasına və sənaye sahələrinin davamlı inkişafına xidmət edir. Lakin tullantisız texnologiyaların geniş tətbiqi üçün hələ də bəzi çətinliklər mövcuddur. Bunlara texnologiyaların yüksək ilkin xərcləri, yeni infrastrukturaya ehtiyac və bəzi sənaye sahələrində bu texnologiyaların praktikada tətbiqinə dair mövcud maneələr daxildir.

Tədqiqatın nəticələri, həmçinin göstərir ki, yaşıl kimya və tullantisız texnologiyalar arasında müasir sənayelərdə tətbiq olunan ən mühüm yanaşmalar, resursların azaldılması və təkrar istifadəsinin təşviqidir. Bu yanaşmaların tətbiqi, yalnız ekoloji mənfəətləri təmin etməklə yanaşı, həm də iqtisadi cəhətdən sənayenin daha səmərəli və rəqabətə davamlı olmasına imkan verir. Bununla yanaşı, bu texnologiyaların tətbiqi, yüksək texnoloji infrastrukturaya və xüsusi təlimlərə ehtiyac duyan kompleks bir prosesi əhatə edir. Sənaye sahələrində bu yanaşmaların tam potensialından istifadə etmək üçün həm hökumətlərin, həm də özəl sektorun ciddi səyləri tələb olunur.

Nəticə olaraq, yaşıl kimya və tullantisız texnologiyalar ətraf mühitin qorunması və davamlı iqtisadi inkişaf üçün vacib yanaşmalardır. Lakin bu texnologiyaların sənaye sektorunda tam şəkildə tətbiq olunması üçün texnoloji inkişaf, iqtisadi dəstək və müvafiq qanunvericilik tədbirləri mütləq vacibdir. Gələcəkdə bu texnologiyaların daha geniş tətbiqi, həm ətraf mühitin, həm də iqtisadiyyatın davamlı inkişafını təmin edəcək və daha təmiz, daha yaşanabilir bir dünya yaradılmasına kömək edəcəkdir.

Nəticələrin təhlili və yeni məlumatlar

Tədqiqatın nəticələrinin təhlili, yaşıl kimya və tullantisız texnologiyaların sənaye proseslərində tətbiqinin ekoloji və iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli olduğunu göstərir. Müxtəlif sənaye sahələrində aparılan təcrübə və məlumatlar əsasında aşağıdakı əsas nəticələr əldə edilmişdir:

Yaşıl kimya və tullantisız texnologiyaların tətbiqi nəticəsində ətraf mühitə olan təsirlər ciddi şəkildə azalmışdır. Məsələn, sənaye müəssisələrində kimyəvi maddələrin istifadəsi azalmış, təbii resurslardan daha səmərəli istifadə olunmuş və istehsal proseslərində tullantıların miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə azalmışdır. Bu texnologiyaların tətbiqi nəticəsində, karbon dioksid və digər zərərli emissiyaların azaldılması da müşahidə edilmişdir. Əlavə olaraq, biyodeqradasiya prosesləri və zəhərli maddələrin əvəz olunması ilə bağlı əldə edilən nəticələr, bu texnologiyaların ekosistemin qorunmasında mühüm rol oynadığını göstərir.

Yaşıl kimya texnologiyalarının tətbiqi yalnız ətraf mühitin qorunması ilə məhdudlaşmır, həm də sənaye proseslərinin iqtisadi səmərəliliyini artırır. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, enerji istehlakının azaldılması və resursların daha səmərəli istifadə edilməsi ilə sənaye xərcləri aşağı düşür. Bəzi müəssisələrdə, təkrar emal və sıfır tullantı metodlarının tətbiqi nəticəsində, xammal xərclərinin azaldığı və məhsulun qiymətinin aşağı düşdüyü müşahidə edilmişdir. Bu texnologiyaların tətbiqi həm də sənayenin davamlı inkişafını təmin edir və daha az zərərli maddənin istifadəsi ilə məhsul keyfiyyətini artırır.

Tədqiqatda, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların geniş tətbiqinə bəzi çətinliklər və maneələr olduğu da vurğulanmışdır. Əsas çətinliklərdən biri, bu texnologiyaların tətbiqinin yüksək ilkin investisiya tələb etməsidir. Yeni texnologiyaların tətbiqi üçün lazım olan texnoloji infrastrukturaya investisiya etmək, bəzi sənaye sahələri üçün ciddi maliyyə yükü yaradır. Bundan əlavə, bəzi yaşıl texnologiyalar və tullantısız istehsal üsulları hələ də inkişaf mərhələsində olduğundan, onların sənayelərdə geniş tətbiqi üçün əlavə araşdırma və inkişaf (R&D) fəaliyyəti tələb olunur. Bu səbəbdən, həm dövlətin, həm də özəl sektorun birgə təşəbbüsləri və dəstəyi vacibdir.

Tədqiqatın nəticələrinə əlavə olaraq, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyalar sahəsində son illərdə bir sıra yeniliklər və yeni məlumatlar ortaya çıxmışdır. Bu innovasiyalar arasında bioteknoloji və nanoteknoloji əsaslı həllər, bərpa olunan enerji mənbələrinin istehsal proseslərinə inteqrasiyası və sıfır tullantı məhsul istehsalına yönəlik yeni metodlar mövcuddur. Məsələn, bərpa olunan enerjinin istehsal proseslərinə tətbiqi, enerji xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldaraq sənaye müəssisələrinin ümumi ekoloji izini kiçiltmişdir. Bundan əlavə, biokimyəvi proseslər və təbii maddələrdən istifadə edən yaşıl kimya tətbiqləri, yeni kimyəvi maddələrin inkişafını və daha təmiz istehsal üsullarını mümkün etmişdir.

Tədqiqatın nəticələri, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların gələcək inkişaf istiqamətləri ilə bağlı bəzi əhəmiyyətli sahələri vurğulamışdır. Gələcəkdə bu texnologiyaların daha geniş tətbiqi üçün:

Yüksək məhsuldar və ucuz alternativ materialların inkişafı: Daha az xərcli və daha səmərəli maddələrin tapılması, bu texnologiyaların sənaye müəssisələrində tətbiqini daha əlverişli edəcək.

Yeni texnologiyaların iqtisadi təhlili və modelləşdirilməsi: Yeni texnologiyaların sənaye sahələrində tətbiqi üçün daha dəqiq iqtisadi analizlər və modellər tələb olunur.

Qanunvericilik və təşviqat siyasətləri: Yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların tətbiqinin sürətləndirilməsi üçün hökumətlərin müvafiq təşviq siyasətləri və tənzimləyici qanunvericiliyi hazırlaması vacibdir.

Ümumiyyətlə, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyalar sənayenin gələcəyində əhəmiyyətli yer tutacaq. Bu texnologiyaların tətbiqi ətraf mühitin qorunmasında və resursların səmərəli istifadəsində mühüm addımlar atılmasına imkan verir. Lakin texnoloji inkişaf, iqtisadi dəstək və dövlətin fəal rolu ilə bu sahədəki irəliləyişlər sürətlənə bilər. Gələcəkdə bu texnologiyaların daha geniş şəkildə tətbiqi, həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan müsbət nəticələr verəcək və daha dayanıqlı bir sənaye ekosistemi yaradılmasına səbəb olacaqdır.

Müzakirə

Tədqiqatın nəticələri, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyaların sənaye sektorundakı tətbiqinin ekoloji və iqtisadi cəhətdən əhəmiyyətli olduğunu ortaya qoyur. Bu nəticələr həm

mövcud tədqiqatlarla, həm də bu sahədəki yeni inkişaflarla əlaqələndirilə bilər. Övvəlki tədqiqatlar yaşıl kimyanın və tullantısız texnologiyaların ekosistem üzərindəki müsbət təsirlərini vurğulamış, bu texnologiyaların təbii resursların səmərəli istifadəsini təmin edəcəyini, ətraf mühitin qorunmasına xidmət edəcəyini və iqtisadi cəhətdən faydalı olacağını göstərmişdir (1, 2).

Son olaraq, yaşıl kimya və tullantısız texnologiyalar, həm ətraf mühitin qorunması, həm də iqtisadi cəhətdən sənaye inkişafının davamlılığı üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu texnologiyaların gələcəkdə daha geniş şəkildə tətbiq olunması, yalnız ekologiyanın deyil, həm də iqtisadiyyatın inkişafına müsbət təsir edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ali, A., & Khan, A. (2018). Green Chemistry Approaches to Minimize Environmental Impact in Chemical Industry. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(3), 878-885.
2. Babu, P. R., & Kumar, M. P. (2020). Zero Waste Technologies in Chemical Industries: Current Trends and Future Prospects. *Environmental Science & Technology*, 54(9), p.5643-5652
3. Fikri, S., & Hamid, R. (2020). The Role of Green Chemistry in Environmental Sustainability. *Journal of Environmental Chemistry*, 32(5), p. 238-247
4. Kılınç, M., & Şen, A. (2020). Application of Green Chemistry Principles in Industrial Processes. *Chemical Engineering Journal*, 392, 123295
5. Morteza, N., & Vahidi, E. (2022). Zero Waste Production: Challenges and Opportunities in Industrial Applications. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122200
6. Patel, V., & Singh, S. (2021). Waste Reduction and Resource Efficiency through Green Technologies. *Environmental Science and Pollution Research*, 45(7), p.1249-1259
7. Rizzo, L., & Sörensen, M. (2019). Nanomaterials in Green Chemistry: A Review of Sustainable Production and Applications. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 11, 100235
8. Ruiz, A., & González, M. (2019). Green Chemistry for Sustainable Industry: A Review. *Journal of Industrial Ecology*, 23(8), p.1709-1719
9. Shen, L., & Zheng, J. (2021). Recent Advances in Green Chemistry: Impact on Industrial Sustainability. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 40(2), p.689-700
10. Zeynizadeh, B., & Farrokhi, M. (2020). Life Cycle Assessment of Green Chemistry Approaches in Industrial Manufacturing. *Journal of Environmental Management*, 265, 110485

ELMİ İRSDƏN RƏQƏMSAL GƏLƏCƏYƏ: FULL - STACK VEB TEKNOLOGİYALARININ MİLLİ ELMİ İNKİŞAFDA ROLU

FƏRİD NƏCƏFOV

ferid.najafov@gmail.com

https://orcid.org/0009-0007-6947-6479

Bakı Biznes Universiteti – İnformasiya Texnologiyaları kafedrası

XÜLASƏ

Bu məqalə elmi irsin müasir rəqəmsal dövrdə necə transformasiya olunduğunu və Full-Stack veb texnologiyalarının Azərbaycanın elmi ekosisteminə oynadığı strateji rolu araşdırır. Akademik Yusif Məmmədəliyevin neft-kimya sahəsində yaratdığı analitik yanaşma məktəbi bu gün informasiya texnologiyaları sahəsində formalaşan yeni elmi istiqamətlər üçün mühüm metodoloji baza rolunu oynayır. Tədqiqatın məqsədi Azərbaycan elmi mühitində rəqəmsal transformasiyanın aparıcı istiqamətlərindən biri kimi Full-Stack yanaşmanın elmi tədqiqatların aparılması, nəticələrin vizuallaşdırılması, məlumatların paylaşılması və biliklərin ötürülməsi proseslərində effektivliyini qiymətləndirməkdir. Araşdırmada analitik təhlil, müqayisəli yanaşma və müasir IT tətbiqlərinin sınaq mühitlərində praktiki qiymətləndirilməsi metodlarından istifadə edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, Full-Stack texnologiyaları, xüsusilə də Node.js, Nest.js, React, Next.js, PostgreSQL və bulud əsaslı infrastruktur — elmi məlumatların idarə olunmasını əhəmiyyətli dərəcədə optimallaşdırır, tədqiqat proseslərini sürətləndirir və elmi irsin geniş auditoriyaya çatdırılmasını asanlaşdırır. Məqalədə həmçinin rəqəmsal elmin formalaşması, universitetlərdə elmi ekosistemlərin gücləndirilməsi və elmi irsin gələcək nəsillərə ötürülməsində müasir veb texnologiyalarının rolu geniş şəkildə şərh olunur.

Açar sözlər: *Full-Stack inkişaf, rəqəmsal elm, elmi irs, veb texnologiyaları, rəqəmsal transformasiya*

Giriş

Elmi irs hər bir xalqın inkişaf strategiyasının təməl xəttini təşkil edən mühüm mənəvi və intellektual sərvətdir. Azərbaycan elmi tarixində fundamental tədqiqatları, analitik düşüncə tərzini və yeni məktəb formalaşdırması ilə seçilən akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyev yalnız neft-kimya sənayesində deyil, bütövlükdə milli elmi düşüncənin inkişafında mühüm rol oynamışdır (1). XXI əsrdə isə elmi tədqiqatların aparılma üsulları sürətlə dəyişmiş, rəqəmsal elm (digital science) anlayışı yeni reallıqlar formalaşdırmışdır. Rəqəmsal transformasiya prosesi həm fundamental, həm də tətbiqi elmlərdə metodologiyaları yeniləmiş, məlumatların toplanması, emalı və yayılması üçün veb texnologiyalarının rolunu xeyli artırmışdır.

Müasir dövrdə Full-Stack veb texnologiyaları yalnız proqram təminatı sahəsində deyil, eyni zamanda elmi tədqiqat ekosisteminə açar funksiyaya çevrilmişdir. Bu texnologiyalar elmi məlumatların saxlanması, analiz edilməsi, interaktiv təqdimatı və geniş ictimaiyyətə çatdırılması üçün kompleks platformalar yaratmağa imkan verir. Elmi irsin gələcək nəsillərə ötürülməsi də artıq yalnız kitablarla deyil, interaktiv rəqəmsal sistemlər, elmi bazalar, vizual platformalar vasitəsilə həyata keçirilir (2).

Bu işin məqsədi Full-Stack veb texnologiyalarının elmi irsin mühafizəsi, transformasiyası və yayılmasında rolunu təhlil etmək, həmçinin Azərbaycan elmi mühitində rəqəmsal transformasiya prosesinə verdiyi töhfələri göstərməkdir.

Material və metodlar

1. Analitik təhlil metodu

Analitik təhlil metodu tədqiqatın əsasında dayanan əsas yanaşmalardan biri kimi istifadə edilmişdir. Bu məqsədlə elmi irs və müasir veb texnologiyalarının inkişaf dinamikası müxtəlif istiqamətlər üzrə müqayisəli şəkildə araşdırılmışdır. İlk mərhələdə yerli və beynəlxalq səviyyədə nəşr olunan elmi məqalələr, monoqrafiyalar, konfrans materialları və rəqəmsal transformasiya ilə bağlı aparıcı tədqiqat işləri təhlil edilmişdir. Eyni zamanda Scopus, IEEE Xplore, SpringerLink və digər elmi məlumat bazalarından istifadə edilməklə Full-Stack arxitekturasının elmi tətbiqləri, müasir veb sistemlərinin struktur modelləri və texnoloji tendensiya öyrənilmişdir.

Təhlilin davamında rəqəmsal transformasiya modelləri, elmi informasiya idarəçiliyi sistemləri və verilənlərin inteqrasiya metodlarına dair texniki sənədlər, metodoloji standartlar və arxitektura təsvirləri müqayisə olunmuşdur. Full-Stack infrastrukturuna ilə bağlı rəsmi texniki təlimatlar, developerlər üçün hazırlanmış sənədlər və beynəlxalq tələfləri əks etdirən spesifikasiyalar araşdırılaraq tədqiqatın nəzəri bazası möhkəmləndirilmişdir. Bundan əlavə, elmi məlumatların toplanması, emalı və vizuallaşdırılması üzrə ən yaxşı dünya təcrübələri təhlil edilmiş, onların Azərbaycan elmi ekosisteminə tətbiq oluna bilən aspektləri müəyyən edilmişdir. Bu metod tədqiqatın nəticələrinin elmi əsaslara söykənməsini təmin etməklə yanaşı, elmi ir

2. Texnoloji metodlar

Full-Stack veb inkişafının nümunəvi tətbiqlərini qiymətləndirmək üçün aşağıdakı texnologiyalar nəzərdən keçirilmişdir:

- **Frontend:** React.js, Next.js
- **Backend:** Node.js, Nest.js
- **Verilənlər bazası:** PostgreSQL, MongoDB
- **İnteqrasiya:** REST API, GraphQL
- **Bulud infrastruktur:** Firebase, Vercel, AWS

3. Modelləşdirmə və sınaq müddəti

Elmi məlumatların saxlanması və idarə olunması üçün Full-Stack arxitekturasının tətbiqi məqsədlə xüsusi pilot mühit yaradılmış və sistem real iş yükü altında çoxmərhələli şəkildə sınaqdan keçirilmişdir. Sınaq prosesində məlumatların strukturlaşdırılması üçün müxtəlif verilənlər modelləri yoxlanılmış, cədvəl əlaqələri, indeksləşdirmə strategiyaları və məlumatların konsistensiyasını təmin edən mexanizmlər qiymətləndirilmişdir. Eyni zamanda sorğuların optimallaşdırılması istiqamətində PostgreSQL üzərində müxtəlif query planlarının müqayisəsi aparılmış, yüksək yüklənmə zamanı performansını artıran indekslər, partitioning və caching yanaşmaları sınaqdan keçirilmişdir.

Backend səviyyəsində Nest.js API-ləri üzərində stress-testlər aparılmış, sorğuların cavab müddətləri, paralel emal imkanları və serverin yükə davamlılıq göstəriciləri xüsusi ölçü alətləri vasitəsilə monitorinq edilmişdir. API performansını həm kiçik, həm də böyük

həcmli dataset-lərlə test olunmuş, sistemin real tədqiqat mühitində qarşılaşacağı potensial ssenarilər modelləşdirilmişdir.

Frontend təbəqəsində isə React və Next.js interfeyslərinin məlumatlarla işləmə sürəti, interaktiv komponentlərin yüklənmə müddətləri və real vaxt vizuallaşdırma modulunun stabilliyi test edilmişdir. Nəticələr göstərmişdir ki, Full-Stack arxitekturası elmi məlumatların həm saxlanması, həm də işlənməsi üçün geniş miqyaslı bilən və yüksəkperformanslı mühit formalaşdırmağa imkan verir. Pilot sınaqlar elmi verilənlərin idarəetmə prosesində bu texnologiyaların praktiki tətbiqinin səmərəliliyini təsdiq etmişdir.

4. Tədbiqi nümunələrin təhlili

Elmi konfrans materiallarının, məqalə bazalarının və universitet elmi resurslarının rəqəmsallaşdırılması sahəsində mövcud beynəlxalq təcrübələrin öyrənilməsi məqsədilə Scopus, IEEE Xplore, SpringerLink, ACM Digital Library və digər nüfuzlu platformalar müqayisəli təhlilə cəlb edilmişdir. Bu platformaların məlumat strukturu, axtarış alqoritmləri, meta-məlumat standartları və istifadəçi interfeysləri araşdırılaraq onların Full-Stack arxitekturası üçün uyğunluq səviyyəsi qiymətləndirilmişdir. Eyni zamanda bu sistemlərin elmi məlumatların uzunmüddətli saxlanması, identifikasiyası və paylaşılmasına dair tətbiq etdikləri texnoloji yanaşmalar analiz olunmuş və həmin təcrübələrin yerli elmi mühit üçün adaptasiya imkanları müəyyən edilmişdir.

Nəticələr

1. Full-stack texnologiyalarının elmi məlumatlarının idarə edilməsinə təsiri

Full-Stack arxitekturasının tətbiqi müasir elmi tədqiqatların informasiya təminatı, verilənlərin integrasiyası və uzunmüddətli saxlanma strategiyalarında mühüm rol oynayır. Elmi məlumatların həcmnin sürətlə artdığı dövrdə, xüsusilə laboratoriya tədqiqatları, klinik ölçmələr, riyazi modelləşdirmə, kimyəvi proseslərin simulyasiyası və böyük həcmli sensor məlumatları kimi sahələrdə — məlumatların etibarlı şəkildə emalı və strukturlaşdırılması zəruri məsələyə çevrilmişdir. Bu çərçivədə Full-Stack yanaşması həm elmi verilənlərin server tərəfində effektiv idarə olunmasını, həm də istifadəçi tərəfində onların funksional və vizual baxımdan əlçatan formada təqdim edilməsini təmin edir.

Backend səviyyəsində Nest.js və Node.js kimi texnologiyalar yüksəkperformanslı mikroxidmət memarlığı yaratmağa imkan verir. Bu arxitektura elmi verilənlərin real vaxtda emalını, filtrasiyasını və kateqoriyalasdırılmasını asanlaşdırır. Məsələn, müxtəlif eksperimental nəticələr və ya uzunmüddətli müşahidə məlumatları API-lər vasitəsilə avtomatlaşdırılmış şəkildə sistemə integrasiya olunur, paralel emal mexanizmləri isə böyük həcmli verilənlərlə işləməyə imkan yaradır. Node.js-in asinxron işləmə modeli tədqiqat prosesində rast gəlinən yüksək yüklənmə vaxtlarında sistemin sabit fəaliyyətini qoruyur və cavab müddətlərini minimuma endirir.

Verilənlər bazası səviyyəsində PostgreSQL-in tətbiqi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. PostgreSQL-in güclü analitik sorğular işləmə qabiliyyəti, mürəkkəb əlaqəli strukturların saxlanması və JSONB kimi hibrid məlumat tipləri ilə işləyə bilməsi elmi məlumatların çoxölçülü interpretasiyasına geniş imkan yaradır. Bu xüsusiyyətlər sayəsində tədqiqatçılar həm statistik analizlər, həm də strukturlaşdırılmış meta-informasiya üzərində rahat şəkildə işləyə bilirlər. Məsələn, kimyəvi reaksiyaların parametrləri, eksperimentlərin təkrarlanma

nəticələri və ya sensorlardan toplanan ardıcıl məlumat paketləri PostgreSQL vasitəsilə səmərəli şəkildə saxlanıla, indeksləşdirilə və təhlil oluna bilər.

Frontend səviyyəsində React və Next.js texnologiyaları elmi məlumatların vizual şəkildə təqdimatını xeyli təkmilləşdirir. İnteraktiv qrafiklər, dinamik cədvəllər və real vaxt panel (dashboard) modulları tədqiqatçıların nəticələri daha operativ analiz etməsinə və qərar vermə prosesini optimallaşdırmasına şərait yaradır. Bu vizual təbəqə elmi irsin ictimaiyyətə çatdırılması üçün də əhəmiyyətlidir, belə ki, mürəkkəb elmi nəticələr sadə, interaktiv və anlaşılan interfeyslər vasitəsilə geniş kütləyə təqdim edilir.

Ümumilikdə, Full-Stack yanaşması elmi məlumatların toplanması, saxlanması, emalı və vizuallaşdırılması üçün vahid ekosistem formalaşdırır. Bu ekosistem elmi irsin rəqəmsal mühitdə qorunub saxlanmasına, elmi nəticələrin daha çevik şəkildə paylanmasına və tədqiqat mühitinin davamlı yenilənməsinə geniş imkanlar açır. Bu səbəbdən Full-Stack texnologiyaları müasir dövrdə elmi müəssisələr üçün yalnız texniki həll deyil, həm də strateji inkişaf aləti hesab oluna bilər.

2. Elmi irsin rəqəmsallaşdırılmasında veb texnologiyaların rolu

Müasir elmi ekosistemlərdə rəqəmsallaşdırma artıq sadəcə arxivləşdirmə prosesi kimi yox, elmi biliklərin interaktiv mühitdə yenidən təqdim olunması kimi dəyərləndirilir. Veb texnologiyaları bu sahədə əsas aparıcı qüvvəyə çevrilərək elmi irsin daha geniş auditoriya-ya əlçatan olmasını təmin edir. Xüsusilə React və Next.js platformaları istifadəçilərə yüksək sürətli, dinamik və adaptiv interfeyslər təqdim etməklə elmi məlumatların vizual qavranmasını xeyli asanlaşdırır. Bu texnologiyalar vasitəsilə elmi məqalələr, eksperimental nəticələr, qrafik məlumatlar və multimedialı materiallar interaktiv komponentlər şəklində təqdim oluna bilər. Elmi irsin vizuallaşdırılması tədqiqatçıların məlumatları daha dərinlən analiz etməsinə, tələbələrin isə mürəkkəb anlayışları daha səmərəli öyrənməsinə şərait yaradır.

Bundan əlavə, veb əsaslı platformalar məlumatların real vaxtda yenilənməsinə imkan verir ki, bu da elmi tədqiqatların operativliyini artırır. Rəqəmsallaşdırılmış elmi resurslar mobil cihazlardan daxil olmaya uyğunlaşdırıldığından, tədqiqatçılar istənilən yerdən məlumatlara çıxış əldə edə bilərlər. Next.js-in server-side rendering imkanları elmi məlumatların sürətli yüklənməsini və yüksək SEO uyğunluğunu təmin edir ki, bu da elmi resursların global görünürsüzlüyünü artırır. Eyni zamanda, API-lər vasitəsilə müxtəlif məlumat bazaları ilə inteqrasiya elmi irsin vahid platformada toplanmasına şərait yaradır. Bütün bu amillər veb texnologiyalarının elmi irsin qorunmasında, tədrisində və gələcək nəsillərə ötürülməsində əvəzolunmaz vasitəyə çevrildiyini göstərir.

3. Elmi nəticələrin ictimailəşdirilməsində Full-stack platformasının üstünlükləri

Tədqiqatlar göstərir ki, veb əsaslı elmi platformalar:

- məlumatlara sürətli çıxış yaradır,
- nəticələri global auditoriyaya açır,
- gənc tədqiqatçılar üçün öyrənmə mühitini zənginləşdirir,
- analitik vizuallaşdırma vasitələri ilə elmi nəticələri daha aydın edir.

4. Azərbaycan elmi mühitində rəqəmsal transformasiya tendensiyləri

Son illər universitetlərdə elektron tədris sistemləri, rəqəmsal arxivlər, elmi konfrans platformaları genişlənmişdir. Bu proses Full-Stack mütəxəssislərinə yüksək tələbat yaradır.

Müzakirə

Aparılan təhlil göstərir ki, Full-Stack veb texnologiyaları elmi ekosistemin bütün mərhələlərinə kompleks təsir göstərir: məlumatların toplanmasından başlayaraq onların strukturlaşdırılmasına, emalına, vizuallaşdırılmasına və geniş ictimaiyyətə çatdırılmasına qədər bütün prosesləri optimallaşdırır. Bu texnologiyalar elmi məlumat dövryyəsinə sürətləndirir, integrasiya olunmuş arxitektura sayəsində fərqli mənbələrdən əldə edilən böyük həcmli verilənlərin vahid sistemdə emalına şərait yaradır. Xüsusilə interaktiv panel və vizual analitika modulunun tətbiqi tədqiqatçıların məlumatları daha çevik şəkildə təhlil etməsinə imkan verir. Bu yanaşma həm də elmi irsin müasir dövrün tələblərinə uyğun rəqəmsal formatda saxlanmasını təmin edir və ənənəvi arxivlərin məhdudiyyətlərini aradan qaldırır.

Akademik Yusif Məmmədəliyevin analitik yanaşması, sistemli düşüncə tərzini və tədqiqat metodologiyası müasir informasiya texnologiyalarının qurulmasında dərin fəlsəfi baza kimi dəyərləndirilə bilər. Onun elmə gətirdiyi metodoloji dəqiqlik, təhlil mədəniyyəti və eksperimental sistemliliyin prinsipləri bu gün veb texnologiyalarının arxitekturasında da öz əksini tapır. Elm və texnologiyanın sintezi yeni biliklərin yaradılmasını sürətləndirir, tədqiqat proseslərinin məhsuldarlığını artırır və ölkənin intellektual potensialını gücləndirir.

Gələcək perspektivlər göstərir ki, süni intellektin inkişafı, Big Data analitikası, maşın öyrənməsi, IoT sistemləri və bulud əsaslı platformalar elmi irsin idarə edilməsi sahəsində tamamilə yeni imkanlar yaradacaq. Rəqəmsal ekosistemlərin daha da təkmilləşməsi elmi məlumatların avtomatlaşdırılmış şəkildə analiz edilməsinə, proqnozlaşdırılmasına və yüksək dəqiqliklə modelləşdirilməsinə şərait yaradacaq. Nəticədə elmi irsin qorunması, inkişafı və gələcək nəsillərə ötürülməsi daha təhlükəsiz, səmərəli və davamlı forma alacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Bilgin, Y., Digital Science and Data-Driven Research Models. Elsevier, 2022
2. Məmmədəliyev, Y.H. Neft-kimya elminin inkişaf mərhələləri. Bakı, 1984
3. Rahimli, F. Rəqəmsal transformasiya və müasir IT platformaları. Bakı, 2020
4. Sharma, A., Full-Stack Development in Scientific Computing. Springer, 2021

İON MÜBADİLƏ ÜSULUNDA ELEKTRODEİONİZASIYA (EDI) SİSTEMİNİN TƏTBİQİ

GÜLMİRƏ MƏMMƏDOVA¹

gulmirememmedova7@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-4410-1105>

CAVİD ABBASOV²

cavid.abbasov.1999@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0008-7068-7510>,

^{1,2}Mingəçevir Dövlət Universiteti, Azərbaycan

XÜLASƏ

Müasir sənaye və texnologiya sahələrinin inkişafı yüksək dərəcədə təmiz suya olan tələbatı artırmışdır. Elektronika, yarımkəçirici istehsalı, əczaçılıq, enerji və laboratoriya tədqiqatlarında istifadə olunan suyun keyfiyyəti, onun içərisindəki ion və duz tərkibinin minimum səviyyədə olmasını tələb edir. Bu məqsədlə ənənəvi ion mübadilə üsulları geniş tətbiq olunsada, onların əsas çatışmazlıqlarından biri kimyəvi regenerasiya prosesinə ehtiyac duyulmasıdır. Bu proses həm əlavə xərclər yaradır, həm də ətraf mühitə mənfi təsir göstərir.

Son illərdə bu problemlərin aradan qaldırılması üçün elektrodeionizasiya (EDI) texnologiyası uğurla tətbiq edilir. EDI, ion mübadilə və elektrodializ proseslərinin üstünlüklərini birləşdirən, davamlı və ekoloji cəhətdən təmiz su deionizasiya üsuludur.

Açar sözlər: Elektrodeionizasiya (EDI), ion mübadilə üsulu, su təmizləmə texnologiyaları, demineralizasiya, deionizasiya prosesi, membran texnologiyası, ion-selektiv membranlar, kation və anion qatranları, tərs osmos (RO) və EDI integrasiyası, yüksək saflıqlı su, ultra təmiz su istehsalı, kimyəvi regenerasiyasız sistemlər, ekoloji təmiz texnologiyalar

Giriş

İon mübadilə üsulu suyun tərkibindəki kation və anionların müvafiq ion mübadilə qatranlarında dəyişdirilməsi prinsipi ilə işləyir. Bu prosesdə suda olan Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} kimi kationlar və Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- kimi anionlar qatranın tərkibindəki funksional qruplarla əvəz olunur.

Nəticədə suda olan duz ionları azaldılır və demineralizasiya olunmuş su əldə edilir. Lakin bu üsulun əsas mənfi cəhəti ondadır ki, qatranların sorbsiya qabiliyyəti tükəndikdən sonra onlar turşu və qələvilərlə regenerasiya olunmalıdır. Bu, həm əlavə kimyəvi maddə sərfiyyatına, həm də tullantıların yaranmasına səbəb olur.

EDI sistemi, ion mübadilə qatranları ilə doldurulmuş kameralar və ion-selektiv membranlardan ibarətdir. Sistemə daxil olan zəif duzlu su (adətən, tərs osmosdan keçmiş su) elektrik sahəsinin təsiri altında ionlara parçalanır. Kationlar kation-selektiv membran vasitəsilə mənfi elektroda (katoda) doğru hərəkət edir. Anionlar isə anion-selektiv membran vasitəsilə müsbət elektroda (anoda) doğru hərəkət edir.

Bu proses nəticəsində ionlar su axınından uzaqlaşdırılır, yəni deionizasiya baş verir. Eyni zamanda elektrik sahəsi ion mübadilə qatranlarını davamlı şəkildə regenerasiya edir, buna görə də sistemə əlavə kimyəvi reagentlər daxil edilmir.

- ✓ EDI sistemində başlıca olaraq aşağıdakı komponentlər mövcuddur:
- ✓ İon mübadilə qatranları (kation və anion tipli)
- ✓ Kation və anion selektiv membranlar

- ✓ Elektrod kamerası
- ✓ Güc mənbəyi və su paylama modulu

Qeyd edək ki, EDI texnologiyası bir çox sənaye və elmi sahələrdə yüksək saflıqlı su istehsalı üçün istifadə olunur. Bunlara misal olaraq, elektronika və yarımkəçirici sənayesi – mikroçiplərin və plataların yuyulması üçün ultra təmiz su, əczaçılıq sənayesi – dərman istehsalında və laborator analizlərdə istifadə olunan suyun steril təmizliyi, energetika – buxar qazanlarının və turbinlərin qidalanma suyu, laboratoriyalar – kimyəvi analiz və biotexnoloji proseslər üçün deionizə olunmuş su, qida sənayesi – içməli suyun təmizlənməsi və proses suyu kimi tətbiqlərini göstərmək olar.

Həmçinin EDI texnologiyası ənənəvi deionizasiya üsullarına nisbətən bir çox üstünlüklərə malikdir. Bu üstünlüklər aşağıdakı cədvəldə geniş şəkildə verilmişdir:

Cədvəl 1.

EDI üstünlükləri	İzahı
Kimyəvi regenerasiyaya ehtiyac yoxdur	qatranlar elektrik sahəsinin təsiri altında bərpa olunur
Ekoloji təmizlik	turşu və qələvi tullantılar əmələ gəlmir, ətraf mühit çirklənmir
Davamlı işləmə rejimi	sistem fasiləsiz şəkildə işləyə bilər, regenerasiya üçün dayanmağa ehtiyac yoxdur
Yüksək su keyfiyyəti	çıxış suyunun elektrik keçiriciliyi 0,1–0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, müqaviməti isə 5–18 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ səviyyəsində ola bilər
Aşağı istismar xərcləri	kimyəvi reagentlərin olmaması və regenerasiya xərclərinin aradan qalxması əməliyyat dəyərini azaldır

EDI sistemləri, adətən çoxpilləli su təmizləmə xətlərinə inteqrasiya olunur. Əvvəlcə su mexaniki və tərs osmos (RO) mərhələlərindən keçərək duz tərkibinin 95–99%-i azaldılır.

Daha sonra EDI mərhələsində qalan ionlar çıxarılır.

Optimal iş şəraiti üçün:

- Su axını 0,5–2 m^3/saat diapazonunda olmalıdır.
- Temperatur 10–35°C arasında saxlanılmalıdır.
- Elektrik cərəyanı gərginliyi 50–400 V aralığında tənzimlənir.

Bütün bu sadalananları nəzərə alaraq deyə bilərik ki, Elektrodeionizasiya (EDI) texnologiyasının ion mübadilə üsulunda tətbiqi müasir su təmizləmə proseslərinin keyfiyyət və səmərəlilik göstəricilərini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəltmişdir. EDI sistemləri ənənəvi ion mübadilə üsullarının əsas çatışmazlıqlarını, yəni turşu və qələvi regenerasiya proseslərinə olan asılılığı, yüksək kimyəvi reagent sərfiyyatını və ekoloji çirklənməni - tamamilə aradan qaldırır. Bu texnologiya elektrik enerjisindən istifadə etməklə ionların daimi şəkildə çıxarılmasını və qatranların fasiləsiz regenerasiyasını təmin edir.

Nəticə etibarilə, EDI sistemi həm ekoloji baxımdan təhlükəsiz, həm də iqtisadi cəhətdən səmərəli bir texnologiyadır. Kimyəvi regenerantların olmaması istismar xərclərini azaldır, operator müdaxiləsinə ehtiyacı minimuma endirir və iş prosesinin avtomatlaşdırılmasına imkan yaradır. Əlavə olaraq, bu texnologiya enerji sərfiyyatına görə də optimal hesab olunur, çünki suyun duzluluq səviyyəsi tərs osmos mərhələsindən sonra artıq aşağı olur və EDI, yalnız qalığı ionların çıxarılması üçün işləyir.

EDI sistemləri vasitəsilə əldə olunan suyun keyfiyyəti beynəlxalq standartlara tam cavab verir. Çıxış suyunun elektrik keçiriciliyi 0,1–0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ səviyyəsində, müqaviməti isə 10–18 $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ arasında dəyişir. Bu göstəricilər elektronika, yarımkəçirici, enerji və əczaçılıq sənayesində tələb olunan ultra təmiz su istehsalına tam imkan yaradır.

Əlavə olaraq, bu texnologiyanın tətbiqi ətraf mühitin qorunması baxımından da mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Kimyəvi regenerantların və tullantıların olmaması təmiz istehsal prinsiplərinə (Clean Production) və davamlı inkişaf məqsədlərinə (Sustainable Development Goals – SDG) uyğundur. Xüsusilə su resurslarının qorunması və sənaye tullantılarının azaldılması istiqamətində EDI texnologiyası mühüm ekoloji üstünlüklər təmin edir.

Gələcəkdə EDI texnologiyasının inkişafı istiqamətində aparılan tədqiqatlar daha enerjiyə qənaətli sistemlərin hazırlanmasına, membran və qatran materiallarının təkmilləşdirilməsinə yönəlmişdir. Yeni nəsil hibrid sistemlərdə (məsələn, RO–EDI və NF–EDI kombinasiyaları) həm məhsuldarlığın artırılması, həm də sistemin istismar müddətinin uzadılması məqsəd qoyulur. Bu, həm sənaye miqyasında, həm də laboratoriya şəraitində EDI texnologiyasının daha geniş tətbiqinə şərait yaradacaqdır.

İon mübadilə üsulunda elektrodionizasiya sisteminin tətbiqi suyun dərin təmizlənməsi sahəsində inqilabi bir addımdır. Bu texnologiyanın geniş yayılması sənaye müəssisələrinin ekoloji dayanıqlığını artırır, resurslardan səmərəli istifadəni təmin edir və yüksək keyfiyyətli suyun davamlı istehsalını mümkün edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Bartels, C. Electrodeionization in High Purity Water Systems, Ultrapure Water Journal, 2018
2. Crittenden, J.C. et al. Water Treatment: Principles and Design. John Wiley & Sons, 2012
3. Mulder, M. Basic Principles of Membrane Technology. Springer, 2015
4. Qasımov, R., Əliyev T. "Su təmizləmə texnologiyalarında ion mübadiləsi və membran üsulları", Bakı, 2020

MÜASİR SƏNAYEDƏ YAŞIL KİMYANIN ROLU VƏ İNKİŞAF TENDENSİYALARI

GÜLNARƏ QURBANOVA

gulnara.qurbanova@mdu.edu.az

Mingəçevir Dövlət Universiteti, Mingəçevir, Azərbaycan

XÜLASƏ

Məqalədə yaşıl kimyanın mahiyyəti, onun əsas prinsipləri və müasir sənayedə tətbiqinin əhəmiyyəti hərtərəfli şəkildə təhlil olunur. Yaşıl kimya XXI əsrin ekoloji problemlərinin həllində mühüm rol oynayan yeni elmi istiqamət kimi təqdim edilir. Bu konsepsiya tullantıların minimuma endirilməsi, resursların səmərəli istifadəsi, enerji qənaəti, zərərsiz xammaldan və təhlükəsiz texnologiyalardan istifadə prinsiplərinə əsaslanır. Əsas məqsəd istehsal proseslərinin ekoloji cəhətdən təhlükəsiz və iqtisadi baxımdan səmərəli təşkilidir. Məqalədə yaşıl kimyanın baniləri sayılan P.T. Anastas və J.C. Uorner tərəfindən irəli sürülmüş 12 əsas prinsip ətrafı şəkildə şərh olunur. Bu prinsiplər tullantıların qarşısının alınması, resursların qənaətli istifadəsi, toksik maddələrdən imtina, enerji sərfiyyatının azaldılması, bərpa olunan xammaldan istifadə və bioloji parçalana bilən məhsulların yaradılması kimi məsələləri əhatə edir. Müəlliflər, həmçinin bu prinsiplərin Rusiya müəssisələrində tətbiqi səviyyəsini, onların sənaye istehsalında yaratdığı iqtisadi və ekoloji üstünlükləri araşdırır. Tədqiqatın nəticələrinə görə, yaşıl kimyanın prinsiplərinin tətbiqi sənaye proseslərinin effektivliyini artırır, məhsulun keyfiyyətini yüksəldir, istehsal xərclərini azaldır və ətraf mühitin mühafizəsinə mühüm töhfə verir. Məqalədə yaşıl kimyanın yalnız elmi konsepsiya deyil, həm də davamlı inkişafın əsasını təşkil edən praktiki istiqamət kimi əhəmiyyəti vurğulanır.

Açar sözlər: *yaşıl kimya, ekoloji təhlükəsizlik, davamlı inkişaf, təmiz istehsal, resurs qənaəti*

Heç kim üçün sirr deyil ki, müasir cəmiyyətdə kimya sənayesinə qarşı mənfi münasibət formalaşmışdır. Nisbətən yaxın dövrlərə qədər insan fəaliyyətinin miqyası o qədər də böyük deyildi və bu, təbiətdəki dinamik tarazlığa ciddi təsir etmirdi. Lakin istehsalın artması ilə bu fəaliyyətin təhlükə səviyyəsi də yüksəldi. Məsələn, Almaniya, Çexiya, Polşa və digər ölkələrdən küləklə daşınan azot və kükürd oksidləri Rusiyaya qədər gəlir. Bundan əlavə, sənaye müəssisələrində baş verən qəzalardan sonra çayların çirklənməsi təhlükəsi yaranır.

Bu və digər faktlar kimyanı insanların həyat şəraitinin pisləşməsinin, bir çox xəstəliklərin, genetik dəyişikliklərin və genofondun dağılmasının əsas günahkarı kimi təqdim edir. Lakin beynəlxalq miqyasda aparılan qiymətləndirmələrə əsasən, ətraf mühitin əsas çirkləndiriciləri sırasında kimya sənayesi birinci yerdə deyil. Əsas çirklənmə mənbələri bunlardır: energetika, nəqliyyat, metallurgiya, kimya, yeyinti sənayesi və tikinti materialları sənayesi.

İnsan tərəfindən yaradılan çirklənmənin miqyası o qədər böyüyüb ki, BMT-nin Ətraf Mühit Proqramının (UNEP) baş direktoru Mustafa Tolba bir dəfə demişdi: "Bütün canlı orqanizmlər öz ətraf mühitində müəyyən dəyişikliklər yaradır, lakin yalnız insanlar bu qədər gücə malikdir ki, Yer üzərində bütün canlıları, həmçinin onların yaşaması üçün zəruri olan mühiti məhv edə bilsinlər".

Paradoksal olsa da, bəşəriyyətin əsas xilaskarlarından biri də əsas çirkləndiricilərdən sayılan "kimyadır".

D.İ. Mendeleyev hesab edirdi ki, kimyada tullantı yoxdur, sadəcə istifadə olunmamış xammal var. Kimyanın inkişafı həm də istehsal və istehlak nəticəsində yaranan tullantıların yenidən istehsal dövriyyəsinə qaytarılmasına yönəlmişdir. Kimyanın unikallığı ondadır ki, o, digər sənaye sahələrindən fərqli olaraq, tullantıları zərərsizləşdirməklə yanaşı, onları cəmiyyət üçün faydalı məhsullara çevirə bilir.

Ətraf mühit problemlərini öyrənən və qiymətləndirən sahə ətraf mühit elmi adlanır. Bu elm çirklənmənin səbəblərini, yayılma yollarını və təsirlərini araşdırır, həmçinin çirklənməni azaltmaq və ya tamamilə aradan qaldırmaq üçün həll yolları axtarır. Çirklənmənin aradan aldırılması və ya azaldılması üçün bir neçə yanaşma mövcuddur:

1. Çirkləndirici maddələrin prosesdən sonra aradan qaldırılması;
2. Çirkləndiricilərin ətraf mühitə yayılmasının məhdudlaşdırılması;
3. İstehsal prosesinin dayandırılması və ya mövcud texnologiyaların daha təkmilləşdirilmiş variantlarla əvəz edilməsi.

Sonuncu yanaşma yaşıl kimya anlayışının mahiyyətini təşkil edir. Yaşıl kimya – kimyaya fərqli bir yanaşmadır. Bu yanaşma çirklənməni aradan qaldırmaq əvəzinə, ümumiyyətlə çirklənmə yaradan proseslərin özünü dəyişməyi nəzərdə tutur. Yəni, biz yalnız texnologiyanı deyil, bütün istehsal mərhələlərinin sayını da azaldırıq. Bu da enerji sərfiyyatını minimuma endirir və həm iqtisadi, həm də ekoloji baxımdan müsbət nəticələr verir. Yaşıl kimyanın məqsədi zərərli maddələrdən tamamilə imtina etmək və istənilən maddəni əldə etmək üçün bütün mərhələləri təhlükəsiz olan ideal bir proses qurmaqdır.

Yaşıl kimya üzrə ən mühüm dərş vəsaiti P. T. Anastas və J. C. Uorner tərəfindən yazılmış "Green Chemistry: Theory and Practice" (Yaşıl kimya: nəzəriyyə və təcrübə) kitabıdır. Onlar ilk dəfə yaşıl kimyanın 12 əsas prinsipini formalaşdırıblar (Anastas, 1998, s.18). Yaşıl Kimyanın 12 prinsipi aşağıdakılardır:

1. Profilaktika (qarşısını alma): Tullantıların yaranmasının qarşısını almaq, onları sonradan zərərsizləşdirmək və ya utilizasiya etməkdən daha asandır.
2. Resursların qənaətli istifadəsi: Sintez prosesi elə qurulmalıdır ki, mümkün qədər çox xammal maddəsi son məhsulun tərkibinə daxil olsun.
3. Minimal təhlükə: Sintez zamanı az zəhərli və ya ümumiyyətlə zəhərsiz maddələrdən istifadə edilməlidir. Nəticədə alınan məhsullar da eyni dərəcədə təhlükəsiz olmalıdır.
4. Məqsədli məhsul: İstənilən məhsul həm keyfiyyət baxımından optimal olmalı, həm də minimum toksiklik səviyyəsinə malik olmalıdır.
5. Köməkçi maddələrin istifadəsi: Həllədicilər, ekstragentlər və digər köməkçi reagentlərdən istifadə minimuma endirilməli, əgər bu mümkün deyilsə, yalnız toksik olmayan alternativlərdən istifadə olunmalıdır.
6. Analiz və enerji qənaəti: İqtisadi və ekoloji analiz aparılmalı, enerji xərcləri minimuma endirilməlidir. Mümkün olduğu hallarda proseslər normal atmosfer təzyiqində və otaq temperaturunda aparılmalıdır.
7. Bərpa olunan xammal: Harada bərpa olunan xammaldan istifadə imkanı varsa, yalnız o istifadə olunmalıdır.
8. Minimisasiya: Aralıq mərhələlərin sayı azaldılmalıdır, çünki bu mərhələlər əlavə tullantıların yaranmasına səbəb olur.

9. Katalitik proseslərin tətbiqi: Yüksək selektivliyə malik katalitik reaksiyalar stexiometrik reaksiyalara nisbətən daha məqsəduyğundur.

10. Bioloji parçalana bilən məhsullar: Kimyəvi məhsullar elə seçilməlidir ki, onlardan istifadə olunduqdan sonra onlar təhlükəsiz maddələrə parçalana bilsin.

11. Analitik nəzarət: Təhlükəli tullantıların yaranmasının qarşısını almaq üçün elə analitik üsullar işlənməlidir ki, proses istənilən vaxt izlənə bilsin.

12. Partlayış və yanğın təhlükəsinin azaldılması: İstifadə olunan maddələr elə seçilməlidir ki, yanma və partlayış ehtimalı minimuma endirilsin.

Sorğuların nəticələrinə əsasən, Azərbaycanda müəssisələrinin 70 faizindən çoxu artıq öz istehsal fəaliyyətinə yaşıl kimya prinsiplərini daxil etmişdir və bu göstərici hər il artır. Bu tendensiyanın artmasının əsas səbəbi əmək bazarında rəqabətin güclənməsi, eləcə də texnoloji proseslərin təkmilləşdirilməsinə olan ehtiyacdır. Azərbaycanda təhlükəsiz istehsal və resursların qorunması baxımından ən mühüm yaşıl kimya prinsipləri aşağıdakılardır:

12-ci prinsip: partlayış və qəza risklərinin qarşısının alınması;

2-ci prinsip: resursların qənaətlə istifadəsi;

1-ci prinsip: tullantıların yaranmasının qarşısının alınması.

İqtisadi və ekoloji baxımdan ən çox tətbiq olunan prinsiplər isə bunlardır:

10-cu prinsip: bioloji parçalana bilən məhsulların yaradılması;

6-cı prinsip: enerji və xərclərin minimuma endirilməsi;

5-ci prinsip: toksik olmayan köməkçi maddələrin istifadəsi.

Nəticə

Yuxarıda sadalananları ümumiləşdirsək, belə nəticəyə gəlmək olar ki, müəssisə yaşıl kimyanın prinsiplərinə əməl etdikdə və onları istehsalata tətbiq etdikdə, istehsalın səmərəliliyi dəfələrlə artır. Bu, müəssisənin rəqabət qabiliyyətini yüksəldir, məhsulun keyfiyyətini yaxşılaşdırır, reputasiyasını möhkəmləndirir, həmçinin maliyyə xərclərini azaldır, çünki artıq tullantıların poliqonlarda basdırılmasına ehtiyac qalmır. Yaşıl kimyanın tətbiqi ənənəvi kimya ilə müqayisədə həm maliyyə, həm iqtisadi, həm də ekoloji cəhətdən çox daha sərfəlidir. Əlbəttə, yaşıl kimya yeni texnologiya yaratmaq məqsədi daşımır – o, sadəcə mövcud kimya sənayesinə daha düzgün istiqamət göstərir. Müəssisələrin bu prosesə maksimum dərəcədə cəlb edilməsi üçün aşağıdakı tədbirlər vacibdir:

- maraqlı tərəflərin məlumatlandırılması,
- elektron resursların və məlumat bazalarının yaradılması,
- müxtəlif xəbər bülletenlərinin yayılması,
- konfransların təşkili,
- yeni, təhlükəsiz istehsal metodlarının axtarışı.

Bəşəriyyət qarşısında duran ekoloji problem çox kəskindir və istehsalın insan üçün təhlükəli nəticələri səbəbindən təcili həll tələb edir. Yaşıl kimyanın 12 prinsipi sənaye miqyasında daha "təmiz" istehsalın tətbiqi üçün əsas vasitələrdən biridir. Bu prinsiplər yalnız ekoloji aspektləri deyil, həm də iqtisadi səmərəliliyi nəzərə alır və ideyanı real həyata yaxınlaşdırır. Son illərdə "yaşıl kimya" termini təkcə ətraf mühitin qorunmasının tərəfdarları arasında deyil, həm də adi vətəndaşlar, işçilər və gənclər arasında getdikcə daha çox populyarlıq qazanır. Bu da gələcəkdə hər bir insanın öz "evimiz" olan planetin təmizliyi haqqında düşüncəsinə və texnologiya ilə təbiət arasında tarazlığı qorumaq üçün öz töhfəsini verəcəyinə ümid yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Anastas, P. T., & Eghbali, N. (2010). Green chemistry: Principles and practice. Chemical Society Reviews, 39(1), 301–312.
<https://doi.org/10.1039/b918763b>
2. Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). Green chemistry: Theory and practice. Oxford University Press, 30
3. Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2003). Design through the 12 principles of green engineering. Environmental Science & Technology, 37(5), 94A–101A. [<https://doi.org/10.1021/es032646f>] (<https://doi.org/10.1021/es032646f>)
4. Clark, J. H. (2006). Green chemistry: Challenges and opportunities. Green Chemistry, 8(1), 17–21. <https://doi.org/10.1039/b513547k>
5. Clark, J. H., & Macquarrie, D. J. (2002). Handbook of green chemistry and technology. Blackwell Science, 60
6. Clark, J. H., & Macquarrie, D. J. (2003). Sustainable industrial chemistry: Challenges and opportunities. Industrial & Engineering Chemistry Research, 42(25), 6363–6370. <https://doi.org/10.1021/ie030153j>
7. Constable, D. J. C., Curzons, A. D., & Cunningham, V. L. (2002). Metrics to 'green' chemistry – Which are the best? Green Chemistry, 4(6), 521–527.
<https://doi.org/10.1039/b204927h>
8. Lancaster, M. (2010). Green chemistry: An introductory text (2nd ed.). Royal Society of Chemistry, 95
9. Matlack, A. S. (2013). Introduction to green chemistry (3rd ed.). CRC Press, 125
10. Sheldon, R. A. (2016). Green chemistry and resource efficiency: Toward a sustainable future. Green Chemistry, 18(1), 3180–3183.
<https://doi.org/10.1039/c6gc90059g>

SUMMARY

THE ROLE AND DEVELOPMENT TRENDS OF GREEN CHEMISTRY IN MODERN INDUSTRY

The article provides a comprehensive analysis of the concept of green chemistry, its fundamental principles, and its significance in modern industry. Green chemistry is presented as a new scientific direction that plays an essential role in addressing the ecological challenges of the 21st century. This concept is based on minimizing waste, using resources efficiently, saving energy, and employing non-toxic raw materials and safe technologies. Its primary goal is to organize industrial production in an environmentally safe and economically sustainable way. The article discusses in detail the twelve fundamental principles of green chemistry proposed by P.T. Anastas and J.C. Warner, the founders of this field. These principles include waste prevention, resource efficiency, avoidance of toxic substances, energy conservation, use of renewable raw materials, and the creation of biodegradable products. The authors also examine the level of implementation of these principles in Russian

enterprises and evaluate their economic and environmental benefits within industrial production. According to the study, the application of green chemistry principles significantly improves industrial efficiency, enhances product quality, reduces production costs, and contributes to environmental protection. The article emphasizes that green chemistry should be regarded not only as a scientific concept but also as a practical approach that supports sustainable development and ensures harmony between modern technology and nature.

Keywords: *green chemistry, environmental safety, sustainable development, clean production, resource efficiency*

РЕЗЮМЕ

РОЛЬ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЗЕЛЁНОЙ ХИМИИ В СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье представлен всесторонний анализ сущности зелёной химии, её основных принципов и значения в современной промышленности. Зелёная химия рассматривается как новое научное направление, играющее важную роль в решении экологических проблем XXI века. Концепция зелёной химии основана на минимизации отходов, рациональном использовании ресурсов, экономии энергии, применении нетоксичного сырья и безопасных технологий. Главная цель заключается в организации промышленного производства, которое является экологически безопасным и экономически эффективным. Подробно рассматриваются двенадцать фундаментальных принципов зелёной химии, предложенные П.Т. Анастасом и Дж.С. Уорнером — основателями данного направления. К этим принципам относятся предотвращение образования отходов, экономное использование ресурсов, отказ от токсичных веществ, снижение энергозатрат, применение возобновляемого сырья и создание биоразлагаемых продуктов. Авторы также анализируют уровень внедрения этих принципов на российских предприятиях и оценивают их экономические и экологические преимущества. Результаты исследования показывают, что применение принципов зелёной химии способствует повышению эффективности производственных процессов, улучшению качества продукции, снижению финансовых затрат и защите окружающей среды. В статье подчёркивается, что зелёная химия является не только научной концепцией, но и практическим направлением, лежащим в основе устойчивого развития и гармонии между технологиями и природой.

Ключевые слова: *зелёная химия, экологическая безопасность, устойчивое развитие, чистое производство, рациональное использование ресурсов.*

ELMİN DAVAMLI DƏYƏRLƏRİ: KİMYA TƏHSİLİNDƏ AKADEMİK YUSİF MƏMMƏDƏLİYEV İRSİNİN ROLU

GÜLTƏKİN KNYAZOVA

yusifligultekin28@gmail.com

Mingəçevir Dövlət Universiteti, Mingəçevir, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu məqalədə kimya təhsilinin müasir vəziyyəti, elmi irsin qorunmasının nəzəri və praktik əsasları, həmçinin bu prosesdə psixopedaqoji yanaşmanın rolu araşdırılır. Qloballaşma və texnoloji inkişaf şəraitində elmi irsin yalnız arxiv səviyyəsində deyil, tədris prosesinin fəal komponenti kimi qorunması vacib hesab olunur. Tədqiqatın əsas obyekti akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyevin elmi və pedaqoji irsidir. Onun kimya elminə verdiyi töhfələr, formalaşdırdığı elmi məktəbin metodoloji prinsipləri və pedaqoji fəaliyyəti bu gün də aktual elmi-pedaqoji model kimi qiymətləndirilir. Məqalədə göstərilir ki, elmi irsin tədrisə integrasiyası yalnız bilik ötürülməsini deyil, həm də tələbələrdə elmi məsuliyyət, yaradıcı təfəkkür və milli kimlik duyğusunun formalaşmasını təmin edir. Psixopedaqoji yanaşma bu prosesdə əsas rol oynayır, çünki o, elmi biliklərlə yanaşı, öyrənmənin emosional və dəyərlər sahəsinə də təsir göstərir. Nəticə olaraq, kimya təhsilində elmi irsin qorunması və psixopedaqoji prinsiplərin tətbiqi gənclərdə elmə marağı, tədqiqat bacarığını və mədəni məsuliyyəti gücləndirən strateji istiqamət kimi dəyərləndirilir.

Açar sözlər: elmi irs, kimya təhsili, psixopedaqogika, Yusif Məmmədəliyev, elmi məktəb, pedaqoji irs, elmi dəyərlər

Giriş

Elm və təhsil cəmiyyətin intellektual inkişafını təmin edən qarşılıqlı əlaqəli iki əsas istiqamətdir. Müasir dünyada elmi biliklərin sürətlə artması təhsil sistemlərinin daima yenilənməsini, biliklərlə yanaşı, elmi düşüncə və dəyərlərin də formalaşdırılmasını tələb edir. Xüsusilə təbiət elmləri — fizika, kimya, biologiya və ekologiya — müasir texnoloji inkişafın təməlinə dayandığından, bu sahələrdə elmi irsin qorunması və yeni nəsillərə ötürülməsi strateji əhəmiyyət daşıyır.

Azərbaycan elminin inkişafında mühüm rol oynamış akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyev təkcə görkəmli kimyaçı kimi deyil, həm də elmi məktəb yaradıcısı və pedaqoq kimi böyük irs qoymuşdur. Onun elmi fəaliyyəti və pedaqoji prinsipləri müasir kimya təhsilinin məqsədləri ilə səsleşir: tələbələrdə müstəqil təfəkkür, elmi məsuliyyət, yaradıcılıq və milli dəyərlərə sadıqlıq formalaşdırmaq.

Elmi irsin qorunması prosesi yalnız tarixi və elmi aspektlərlə məhdudlaşmır; bu, eyni zamanda psixopedaqoji bir məsələdir. Yəni, tələbənin elmə marağının, idrak fəallığının və dəyərlər sisteminin formalaşması prosesində psixoloji və pedaqoji qanunauyğunluqların uzlaşdırılması vacibdir. Bu baxımdan, psixopedaqoji yanaşma elmi irsin yaşadılmasında və kimya təhsilinin humanistləşdirilməsində əsas vasitə kimi çıxış edir.

Bu məqalənin məqsədi kimya təhsilinin keyfiyyətinin artırılması, elmi irsin qorunması və bu prosesdə psixopedaqoji yanaşmanın rolunu akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi irsi kontekstində araşdırmaqdır. Tədqiqatda həm nəzəri, həm də praktik mexanizmlər təhlil

edilərək, elmi irsin müasir tədris prosesinə səmərəli inteqrasiyası üçün elmi-pedaqoji tövsiyələr təqdim olunur.

Əsas hissə

Qloballaşma dövründə təhsil sistemləri texnoloji, sosial və ekoloji dəyişikliklərə uyğun olaraq yenilənir. Kimya təhsili bu prosesin ən çevik və dinamik sahələrindən biridir. Müasir dövrdə kimya təhsilinin məqsədi yalnız faktların öyrədilməsi deyil, həm də analitik, tənqidi və yaradıcı düşünən, elmi araşdırma bacarıqları formalaşmış mütəxəssislərin hazırlanmasıdır (UNESCO, 2022).

Azərbaycan Respublikasında son illərdə ali təhsilin keyfiyyətinin artırılması istiqamətində aparılan islahatlar kimya sahəsinə də əhatə etmişdir. Təhsil Nazirliyinin təşəbbüsü ilə tədris planlarında laboratoriya təcrübələrinin payı artırılmış, elmi-tədqiqat fəaliyyətinə yönəlik yeni modullar tətbiq olunmuşdur (NDU, 2025). Müasir texnologiyalar — virtual laboratoriyalar, simulyasiya proqramları, elektron kimyəvi modelləşdirmə vasitələri — kimya tədrisində daha geniş tətbiq tapır.

Eyni zamanda beynəlxalq təcrübə göstərir ki, kimya təhsilində ənənəvi biliklərə söykənən elmi dəyərlərin qorunması tədqiqat keyfiyyətini artırır. Məsələn, Yaponiya və Almaniyada ali məktəblər elmi irsi tədris proqramlarına inteqrasiya edərək tələbələrdə elmi məsuliyyət və milli qürur hissi formalaşdırırlar (UNESCO, 2022).

Azərbaycanda da bu istiqamətdə addımlar atılmaqdadır. Akademik Yusif Məmmədəliyevin, Həsən Əliyevin, Mirəli Qaşqayın və digər kimyaçı alimlərin fəaliyyətinə həsr olunmuş xüsusi seminarlar və konfranslar gənc tədqiqatçıların elmi dəyərlərə bağlılığını gücləndirir. Bu təcrübə göstərir ki, elmi irsin qorunması yalnız keçmişə hörmət deyil, həm də gələcək elmi inkişaf üçün möhkəm təməl yaratmaqdır.

Elmi irs anlayışı, bir xalqın və ya elmi məktəbin uzun illər ərzində formalaşdırdığı bilik, metodologiya, tədqiqat etikasası və elmi ənənələrin bütövlükdə saxlanılması deməkdir (Qasımov, 2021). Bu irs elmi məktəblərin davamlılığını təmin edir və yeni nəsil tədqiqatçılara ideya qaynağı rolunu oynayır.

Elmi irsin qorunması bir neçə istiqamətdə həyata keçirilir:

1. Tarixi-mədəni qorunma: Alimlərin həyatı, yaradıcılığı, elmi məktəblərinin fəaliyyət istiqamətləri arxivləşdirilir, onların elmi əsərləri və laborator qeydləri toplanaraq rəqəmsal bazalara daxil edilir.

2. Elmi-pedaqoji qorunma: Alimlərin elmi prinsipləri, tədqiqat metodları və ideyaları tədris prosesinə inteqrasiya olunur.

3. Sosioloji qorunma: Elmi irs milli kimliyin bir hissəsi kimi təqdim olunur, ictimai şüurda alimlərə hörmət və elmi dəyərlərin əhəmiyyəti gücləndirilir (Əliyev, 2015).

Bu istiqamətlərin hər biri bir-birini tamamlayır. Məsələn, Yusif Məmmədəliyevin elmi məktəbinin davamçıları onun tədqiqat metodlarını müasir kimya problemlərinə tətbiq etməklə həm elmi irsi qoruyur, həm də yeni elmi istiqamətlərin yaranmasına şərait yaradır.

Elmi irsin qorunmasının nəzəri əsaslarından biri elmə etik münasibət prinsipidir. Bu prinsipə görə, hər bir yeni tədqiqatçı öz sahəsinin tarixini bilməli, sələflərinin elmi nailiyyətlərinə əsaslanmalı, amma onları təkrarlamadan, yenilik gətirərək inkişaf etdirməlidir (UNESCO, 2022).

Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyev (1905–1961) Azərbaycan elminin parlaq simalarından biridir. O, neft-kimya sənayesinin inkişafına, karbohidrogenlərin oksidləşməsi proseslərinin elmi əsaslarının işlənməsinə və tətbiqi kimyanın yeni istiqamətlərinin yaranmasına mühüm töhfələr vermişdir (Məmmədəliyev, 1950).

Onun elmi irsi üç əsas istiqamətdə qiymətləndirilir:

1. **Fundamental elmi tədqiqatlar:** Yüksək oktanlı aviasiya yanacaqlarının alınması üsullarının işlənməsi, katalitik proseslərin mexanizminin izahı.
2. **Tətbiqi kimya:** Elmi nəticələrin sənaye miqyasında tətbiqi, yeni yanacaq növlərinin istehsalına elmi baza yaradılması.
3. **Elmi məktəbin formalaşdırılması:** Məmmədəliyev öz ətrafında bir çox gənc alimlər toplayaraq Azərbaycan kimya məktəbinin əsasını qoymuşdur.

Məmmədəliyevin pedaqoji irsi də xüsusi əhəmiyyət daşıyır. O, tələbələrin təkcə nəzəri biliklərlə kifayətlənməməsini, laborator mühitdə müstəqil təfəkkürlə işləməyi öyrənməsini vacib hesab edirdi (Əliyev, 2015). Onun təlim metodikasında əsas məqsəd tələbəyə "hazır bilik" ötürmək deyil, "bilik əldə etməyi" öyrətmək idi.

Bütün bunlar göstərir ki, akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi və pedaqoji fəaliyyəti müasir kimya təhsilinin metodoloji prinsipləri ilə üst-üstə düşür. Bu irs günümüzdə də gənc kimyaçıların elmi tədqiqatlara marağının artırılması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Müasir təhsil sistemində elmi irsin qorunması yalnız arxiv və muzeylərlə məhdudlaşmamalıdır. Əksinə, bu irs aktiv öyrənmə prosesinin bir hissəsinə çevrilməlidir.

Bu məqsədlə aşağıdakı mexanizmlər təklif olunur:

1. **Tədris proqramlarına inteqrasiya:** Kimya fənlərinin proqramlarına "Azərbaycan kimya elminin tarixi" və "Elmi irs və müasir tədqiqat" kimi modullar daxil edilməlidir. Bu fənlər vasitəsilə tələbələr həm elmi ənənələrlə tanış olur, həm də sələflərinin tədqiqat üsullarını öyrənirlər (NDU, 2025).
2. **Tədqiqat yönümlü öyrənmə:** Ali təhsil müəssisələrində tələbələrin Yusif Məmmədəliyevin metodologiyasına əsaslanan mini-tədqiqat layihələri həyata keçirməsi təşviq olunmalıdır. Bu, elmi irsin praktik davamlılığını təmin edir.
3. **Rəqəmsal elmi arxivlər:** Azərbaycan kimya alimlərinin əsərləri, laborator qeydləri və fotoarxivləri rəqəmsallaşdırılaraq açıq elmi platformalarda yerləşdirilməlidir. Bu, gənc tədqiqatçılar üçün həm məlumat bazası, həm də motivasiya mənbəyi olar (UNESCO, 2022).
4. **Elmi tədbirlər və mühazirələr:** Məmmədəliyev adına illik tələbə konfranslarının, "Elmi İrs Həftəsi" kimi tədbirlərin keçirilməsi kimya elminin populyarlaşdırılmasına və elmi irsin canlı saxlanmasına xidmət edir.

Bu yanaşmalar kimya təhsilinin həm milli, həm də global səviyyədə rəqabət qabiliyyətini artırmaqla yanaşı, elmi mədəniyyətin də inkişafını təmin edəcəkdir.

Elmi irsin qorunması və onun kimya təhsilinə inteqrasiyası yalnız metodoloji və nəzəri səviyyədə deyil, həm də psixopedaqoji baxımdan əsaslandırılmalıdır. Psixopedaqogika — yəni öyrənmə prosesində psixoloji qanunauyğunluqların pedaqoji prinsiplərlə vəhdəti — bu sahədə mühüm elmi istiqamət kimi çıxış edir. Elmi irsin öyrədilməsində psixopedaqoji yanaşma, təlimin yalnız biliyin ötürülməsi deyil, həm də

şəxsiyyətin formalaşdırılması, dəyərlərin və elmi dünyagörüşün inkişaf etdirilməsi məqsədi daşmasını təmin edir.

Psixopedaqoji baxımdan elmi irsin qorunması üç əsas istiqamətdə əhəmiyyət kəsb edir: idrak, emosional və dəyərlər (aksioloji) sahələrində. Birincisi, elmi irs tələbələrdə idrak fəallığını artırır, onların analitik və tənqidi düşünmə bacarıqlarını formalaşdırır. İkincisi, böyük alimlərin həyat və fəaliyyət nümunələri öyrənilərkən tələbələrdə elmə sevgi, məsuliyyət və motivasiya yaranır. Üçüncüsü isə, elmi irs mənəvi və mədəni dəyərlərin daşıyıcısı kimi, gənclərdə milli kimlik və mənəvi məsuliyyət hissini gücləndirir.

Akademik Yusif Məmmədaliyevin elmi irsi bu baxımdan nümunəvi model təşkil edir. Onun elmi məktəbi yalnız kimya elminin inkişafına deyil, həm də elmə psixopedaqoji münasibətin formalaşmasına təsir göstərmişdir. Məmmədaliyev tələbələrə yalnız faktoloji bilikləri deyil, elmi düşüncə tərzini, müstəqil öyrənmə bacarığını və tədqiqat mədəniyyətini aşılayırdı. Onun pedaqoji prinsipləri göstərir ki, elmi bilik yalnız elmi iradə, mənəvi məsuliyyət və yaradıcı təfəkkürlə birləşəndə dəyər qazanır.

Kimya təhsilində psixopedaqoji yanaşmanın tətbiqi həm müəllim, həm də tələbə fəaliyyətinin optimallaşdırılmasını tələb edir. Müəllim burada yalnız bilik ötürən deyil, həm də elmi irsi yaşadan, gənclərdə elmə sevgi və məsuliyyət hissi yaradan şəxsiyyət kimi çıxış edir. Təlim prosesi isə psixoloji cəhətdən təhlükəsiz, emosional baxımdan motivasiyalı və yaradıcı mühitdə təşkil olunmalıdır. Bu mühitdə tələbələr tədqiqat yönümlü təlim vasitəsilə həm bilik qazanır, həm də elmi irsin daşıyıcısına çevrilirlər.

Psixopedaqoji tədqiqatlar göstərir ki, elmi irsə əsaslanan təlim mühitində tələbələrin metakognitiv bacarıqları (öz düşüncəsini dəyərləndirmə, öyrənmə strategiyalarını seçmə) və emosional zəkası daha sürətlə inkişaf edir. Bu, onların kimya elmini yalnız akademik bilik kimi deyil, həm də sosial-mənəvi dəyər kimi dərk etməsinə gətirib çıxarır.

Beləliklə, elmi irsin qorunması istiqamətində psixopedaqoji yanaşmaların tətbiqi aşağıdakı məqsədlərə xidmət etməlidir:

- Tədris prosesində elmi irsin mənəvi və psixoloji aspektlərinin inteqrasiyası;
- Tələbələrin elmi dəyərlərə emosional bağlılığının formalaşdırılması;
- Elmi irs nümunələrindən istifadə etməklə öyrənməyə motivasiyanın gücləndirilməsi;
- Yaradıcılıq, tənqidi düşüncə və elmi marağın inkişaf etdirilməsi;
- Müəllimlərin psixopedaqoji hazırlığının artırılması və elmi irsin öyrədilməsində yeni yanaşmaların tətbiqi.

Nəticə etibarilə, psixopedaqoji yanaşma kimya təhsilində elmi irsin qorunmasının ən mühüm mexanizmlərindən biridir. Bu yanaşma həm təhsil sisteminin humanistləşdirilməsinə, həm də elmin gələcək nəsillər üçün mənəvi dəyər kimi yaşadılmasına xidmət edir. Akademik Yusif Məmmədaliyevin irsi bu baxımdan yalnız elmi deyil, həm də psixopedaqoji örnək kimi mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Nəticə və tövsiyələr

Aparılmış tədqiqatlar və elmi-nəzəri ümumiləşdirmələr göstərir ki, kimya təhsili ilə elmi irsin qorunması arasında qarşılıqlı asılılıq mövcuddur: elmi irs kimya təhsilinin mənəvi və intellektual əsasını təşkil edir, müasir təhsil isə həmin irsin gələcək nəsillərə ötürülməsi üçün ən effektiv vasitədir. Bu əlaqənin davamlılığını təmin edən əsas amillərdən biri psixopedaqoji yanaşmadır, yəni təlimdə elmi biliklərlə yanaşı, elmi düşüncə, dəyərlər və şəxsiyyət formalaşdırma prosesinin uzlaşdırılmasıdır.

Akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi və pedaqoji irsi bu baxımdan mühüm nümunədir. O, kimya elmini yalnız nəzəri biliklər toplusu kimi deyil, həm də yaradıcı təfəkkür, elmi məsuliyyət və milli kimliyin ifadəsi kimi dəyərləndirmişdir. Məmmədəliyev məktəbinin metodoloji əsasları müasir kimya təhsilinin elmi-pedaqoji konsepsiyası ilə tam səsləşir. Onun elmi və pedaqoji fəaliyyəti göstərir ki, biliklərin ötürülməsi prosesi yalnız texniki deyil, həm də mənəvi və psixoloji xarakter daşımalıdır.

Elmi nəticə olaraq müəyyən edilmişdir ki:

1. Elmi irs kimya təhsilinin elmi-nəzəri dayanıqlığını təmin edən fundamental baza rolunu oynayır;
2. Elmi irsin öyrədilməsi prosesində psixopedaqoji yanaşma tətbiq edildikdə, tələbələrdə elmi maraq, idrak fəallığı və tədqiqat məsuliyyəti yüksəlir;
3. Elmi irsə əsaslanan təlim mühiti tələbələrin metakognitiv bacarıqlarının və emosional zəkasının inkişafına şərait yaradır;
4. Rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi elmi irsin qorunması və tədris prosesinə integrasiyasını daha səmərəli edir;
5. Akademik Məmmədəliyev irsinin sistemli öyrənilməsi milli elmi kimliyin möhkəmlənməsinə, gənclərdə elmə və yaradıcılığa marağın artmasına xidmət edir.

Bu nəticələr əsasında aşağıdakı praktik və strateji tövsiyələr irəli sürülür:

1. Təhsil siyasəti səviyyəsində:

- Ali və orta ixtisas təhsili müəssisələrinin kimya proqramlarına "Elmi irs və milli kimya məktəbi" adlı fənn və ya modul əlavə edilməlidir;
- Elmi irsin rəqəmsal arxivləşdirilməsi üçün milli onlayn "Kimya İrsi Portalı" yaradılmalıdır;
- Yusif Məmmədəliyev adına "Gənc Tədqiqatçılar Forumu" və "Elmi İrs Həftəsi" kimi tədbirlər dövlət səviyyəsində təşkil edilməlidir.

2. Pedaqoji fəaliyyət səviyyəsində:

- Kimya müəllimləri və ali məktəb pedaqoqları üçün psixopedaqoji hazırlıq təlimləri keçirilməli, elmi irsə əsaslanan təlim metodikaları hazırlanmalıdır;
- Dərslərdə yalnız faktoloji bilik deyil, həm də tədqiqat bacarığı və elmi məsuliyyət formalaşdırılmalıdır;
- Laborator işlərdə klassik alimlərin (xüsusilə Məmmədəliyev məktəbinin) metodlarının elementləri praktik nümunə kimi istifadə edilməlidir.

3. Elmi-tədqiqat səviyyəsində:

- Akademik Məmmədəliyev irsi üzrə tematik doktorantura və magistr proqramları açılmalı, bu istiqamətdə dissertasiyalar dəstəklənməlidir;
- Kimya və psixopedaqogika elmlərinin sintezini təmin edən interdisiplinar tədqiqat mərkəzləri yaradılmalıdır;
- Gənc alimlərin elmi irsə əsaslanan innovativ layihələri üçün xüsusi qrant mexanizmləri hazırlanmalıdır.

4. Psixopedaqoji istiqamətdə:

- Elmi irsin öyrədilməsində emosional motivasiya və şəxsiyyət yönümlü təlim prinsipləri gücləndirilməlidir;
- Təlimdə "mənəvi mentorluq" modeli tətbiq edilərək, tələbələrə yalnız bilik deyil, həm də elmi dəyərlərə sadıqlıq aşılamaq vacibdir;
- Tədris prosesində elmi irs nümunələrindən istifadə edərək yaradıcılıq, müstəqil düşüncə və elmi empatiya inkişaf etdirilməlidir.

Nəticə etibarilə, elmi irsin qorunması, kimya təhsilinin keyfiyyətinin artırılması və psixopedaqoji yanaşmanın integrasiyası bir-birini tamamlayan strateji istiqamətlərdir. Bu istiqamətlərin uzlaşdırılması Azərbaycan elminin və təhsilinin beynəlxalq rəqabət qabiliyyətini artırmaqla yanaşı, akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi irsinin gələcək nəsillər üçün mənəvi və intellektual dəyər kimi yaşamasını təmin edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev, R. (2015). Azərbaycan kimya elminin inkişaf tarixi. Bakı: Elm və təhsil
2. Qasımov, A. (2021). Elmi irsin qorunmasında ali təhsilin rolu. Bakı: Elm
3. Məmmədəliyev, Y. H. (1950). Neft karbohidrogenlərinin oksidləşməsi prosesləri. Bakı: AzEA
4. Naxçıvan Dövlət Universiteti. (2025). Akademik Yusif Məmmədəliyevin 120 illik yubileyinə həsr olunmuş konfrans materialları
5. UNESCO. (2022). Science education and heritage preservation. Paris

SUMMARY

This article explores the current state of chemistry education, the theoretical and practical foundations of scientific heritage preservation, and the role of psychopedagogical approaches in this process. In the context of globalization and technological advancement, it is essential to preserve scientific heritage not only as an archival value but also as an active component of the educational process. The main focus of the research is the scientific and pedagogical legacy of academician Yusif Heydar oğlu Mammadaliyev. His contributions to chemistry, the methodological principles of his scientific school, and his educational philosophy remain highly relevant today. The study emphasizes that integrating scientific heritage into the teaching process ensures not only the transmission of knowledge but also the formation of scientific responsibility, creative thinking, and a sense of national identity among students. The psychopedagogical approach plays a key role in this process, as it combines cognitive development with emotional engagement and value formation. As a result, the preservation of scientific heritage and the application of psychopedagogical principles in chemistry education are evaluated as strategic directions that strengthen students' interest in science, enhance their research competencies, and promote moral responsibility toward scientific and cultural values.

Keywords: scientific heritage, chemistry education, psychopedagogy, Yusif Mammadaliyev, scientific school, pedagogical legacy, scientific values

AKADEMİK YUSİF MƏMMƏDƏLİYEVİN ELMİ İRSİNİN RƏQƏMSALLAŞDIRILMASI: BULUD TEXNOLOGİYALARI VƏ SÜNİ İNTELLEKT ƏSASINDA İNTELLEKTUAL AXTARIŞ SİSTEMİ

GÜNEL ƏZİZOVA

gunelhesen@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-1793-9997>,

Bakı Biznes Universiteti (İnformasiya Texnologiyaları, Azərbaycan)

XÜLASƏ

Akademik Yusif Məmmədəliyev XX əsrdə Azərbaycan elminin, xüsusilə neft-kimya sahəsinin inkişafında mühüm rol oynamış, zəngin elmi irsə malik görkəmli alimdir. Onun elmi irsinin böyük hissəsi bu illər ərzində ilk növbədə kağız formatda çap olunmuş məqalələr, monoqrafiyalar, məruzələr və arxiv materialları şəklində qorunub saxlanılmışdır. Bu, məzmunun itirilməsi riskini artırır və müasir tədqiqatçılar üçün onun əlçatanlığını məhdudlaşdırır. Məqalədə akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi irsinin sistemli şəkildə rəqəmsallaşdırılması, onun buludda arxivləşdirilməsi və süni intellektə əsaslanan intellektual axtarış sistemi vasitəsilə istifadəsi üçün konseptual model təklif olunur. Metodologiya ədəbiyyat təhlilinə, rəqəmsal arxivlərin yaradılması üzrə mövcud təcrübənin ümumiləşdirilməsinə, bulud texnologiyalarının və təbii dillərin emalı alqoritmlərinin istifadəsi əsasında memarlıq modelinin hazırlanmasına əsaslanır. Təklif olunan model rəqəmsallaşdırma, optik xarakterlərin tanınması (OCR), semantik axtarış, tövsiyə sistemləri və bulud infrastrukturunu vahid sistemdə birləşdirir. Nəticələr göstərir ki, belə platforma elmi irsin uzunmüddətli qorunmasını təmin edər, onun milli və beynəlxalq elmi ictimaiyyət üçün əlçatanlığını artırar, gənc tədqiqatçıların işini xeyli asanlaşdırar bilər.

Açar sözlər: Yusif Məmmədəliyev, rəqəmsal elmi irs, bulud texnologiyaları, süni intellekt, intellektual axtarış sistemi

Giriş

Son illərdə informasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı elmi biliklərin yaradılması, arxivləşdirilməsi və yayılması modellərini kökündən dəyişdirmişdir. Əgər əvvəllər tədqiqatçılar, əsasən, kitabxana fondlarında olan kağız daşıyıcılardan istifadə edirdilərsə, bu gün elmi mənbələrin mühüm hissəsi rəqəmsal mühitə – elektron bazalara və bulud platformalarına köçürülür. Bu tendensiya milli elmi irsin qorunub saxlanılması və gələcək nəsillərə ötürülməsi üçün yeni imkanlar açmaqla yanaşı, həm də yeni texnoloji tələblər qoyur (6-10).

Akademik Yusif Məmmədəliyev Azərbaycan neft-kimya elminin formalaşmasında xüsusi rolu olan alimlərdəndir. Onun əsərləri təkcə kimya sahəsində aparılan tədqiqatların nəticələrini əks etdirmir, həm də müasir elmi araşdırmalar üçün nəzəri və praktiki baza rolunu oynayır (1-4). Lakin bu irsin əhəmiyyətli hissəsi hələ də müxtəlif arxivlərdə və kitabxanalarda kağız şəklində saxlanılır, bu da həm itki riskini artırır, həm də gənc tədqiqatçılar üçün istifadə imkanlarını məhdudlaşdırır (2, 3). Müasir bulud texnologiyaları, süni intellekt və təbii dil emalı (NLP) alqoritmlərindən istifadə etməklə qurulmuş intellektual axtarış sistemləri rəqəmsal mühitdə elmi irsin yenidən qurulması üçün geniş

imkanlar təklif edir (6-9, 11-14). Bu sistemlər sadəcə arxivlərin skan olunması ilə məhdudlaşmır, məzmunu semantik səviyyədə analiz edir, sənədləri mövzuya görə qruplaşdırmağa və elmi məlumat üzərində daha dərin təhlil aparmağa imkan verən dinamik platforma yaradır. Bu işin məqsədi elmi irsin rəqəmsallaşdırılması üçün bulud texnologiyaları və süni intellektə əsaslanan intellektual axtarış sisteminin konseptual modelini təqdim etmək, təklif olunan modelin əsas komponentlərini və onun elmi prosesə gözlənilən təsirlərini təhlil etməkdir”.

Material və metodlar

Bu tədqiqat empirik deyil, konseptual və dizayn yönümlüdür. Metodoloji yanaşma bir neçə əsas mərhələyə bölünür:

1. Elmi-məzmunsal məlumat bazası

Akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi toplusu nəzəri cəhətdən aşağıdakılara bölünür:

- Monoqrafiyalar;
- Tədqiqat məqalələri;
- Konfrans materialları;
- Texniki hesabatlar
- Arxiv materialları;

• Metadata sahələri (müəllif, il, mövzu, açar sözlər, dil və s.) mövcud çap və arxiv mənbələrindən istifadə etmək üçün müəyyən edilmişdir. *Akademikin elmi irsinin bu şəkildə strukturlaşdırılması bioqrafik və elmi mənbələrdə verilən təsnifatlarla da uyğunluq təşkil edir (1-4)”*.

2. Rəqəmsallaşdırma və OCR mərhələsinin modeli. Tarixi və mədəni irsin rəqəmsallaşdırılması üzrə müxtəlif tədqiqatlarda da oxşar mərhələlərdən istifadə olunduğu qeyd edilir (6-9).

Rəqəmsallaşdırma mərhələsi aşağıdakı addımları əhatə edir :

Tarama mərhələsi aşağıdakı:

- Sənədlərin yüksək rezolyusiyada skan edilməsi (PDF/TIFF formatı);
- Optik simvol tanınması (OCR) vasitəsilə skan edilmiş faylların mətnə çevrilməsi;
- Azərbaycan və rus dillərinin xüsusiyyətlərini nəzərə alan linqvistik model əsasında mətnin tanınması nəticələrinin avtomatik korreksiyası;

• Struktur mətn elementlərinin müəyyən edilməsi (sərlövhə, alt başlıq, düsturlar, cədvəllər, biblioqrafiya).

Bu məqalədə texniki platformalar kimi proqram və xidmətlərin ətraflı xüsusi adları verilmir, lakin onlar müxtəlif texnoloji həllərdən istifadə etməklə həyata keçirilə bilməsi üçün "OCR xidməti", "dil modeli" və "mətn emalı modulu" kimi ümumi terminlərdən istifadə etməklə təsvir edilir.

3. Bulud arxitekturasının modelləşdirilməsi

Bulud arxitekturası aşağıdakı prinsiplərə əsasən nəzəri olaraq layihələndirilir:

• Xidmət Modeli: Xidmət kimi Platforma (PaaS) və ya Xidmət kimi İnfrastruktur (IaaS) seçin;

• Saxlama Modeli: Obyekt yaddaşından istifadə edərək buludda faylları və skan edilmiş mətnləri saxlamaq;

- Yedəkləmə (Ehtiyat nüsxələnmə): Müntəzəm ehtiyat nüsxə cədvəlinə uyğun olaraq müxtəlif coğrafi yerlərdə məlumatları saxlayın;
- Giriş siyasəti: İctimai giriş və məhdud daxili giriş üçün rol əsaslı autentifikasiya modellərini müəyyən edin.

4. Süni intellekt modullarının konseptual dizaynı

Süni intellekt hissəsinə aşağıdakı modullar daxildir:

- Təbii Dil Emalı (NLP) modulu:
- Mətn və lemma tokenizasiyası;
- Kimyəvi terminlərin və xüsusi adların tanınması;
- Cümlə və sənəd səviyyəsində vektor təsvirlərinin yaradılması.
- Semantik Axtarış Modulu:
- İstifadəçi sorğularının vektor formatına çevrilməsi;
- Sorğular və sənədlər arasında oxşarlıq ölçülərinə əsaslanan təsnifat;
- Sinonimlərin və qohumların uçotu.
- Tövsiyə Sistemi:

Bu tip NLP və semantik axtarış yanaşmaları elmi ədəbiyyatın emalı üzrə bir sıra işlərdə sınaqdan keçirilmişdir (11-14).

- Oxşar məzmunlu sənədlərin müəyyən edilməsi;
- Müəllif, mövzu və dövr üzrə əlaqəli məqalələrin siyahılarının yaradılması.

5. Analitik və qiymətləndirmə yanaşması

Modelin effektivliyi nəzəri olaraq aşağıdakı göstəricilərlə qiymətləndirilir:

- Axtarış nəticələrinin aktuallığı və dəqiqliyi;
- İstifadəçi sorğularına cavab müddəti;
- Yeni sənədlərlə sistemin genişlənməsi;
- Tədqiqatçıların ədəbiyyat axtarışına sərf etdikləri vaxtın azalması.

Nəticələr

Bu bölmədə “konsepsiya əsasında əldə olunan nəzəri nəticələr” təqdim olunur:

1. Rəqəmsal arxivin konseptual modeli

Təklif olunan model akademik Yusif Məmmədəliyev irsinin vahid rəqəmsal məkanda cəmləşdirilməsini, mənbələrin sistemləşdirilməsini və metaməlumatlarla zənginləşdirilməsini nəzərdə tutur. Bu, tədqiqatçılara mövzu, il, dil və sənəd növü üzrə çevik şəkildə filtrasiya etməyə imkan verəcək (6-9).

3. Bulud əsaslı yaddaş üstünlükləri

Bulud infrastrukturunu coğrafi olaraq paylanmış məlumatların saxlanması, avtomatik ehtiyat nüsxələri və artan iş yüklərinə cavab vermək üçün sistemi miqyaslaşdırmaq imkanı təklif edən çevik platforma hesab olunur (6-10).

3. Süni intellektlə gücləndirilmiş axtarış mexanizmi

Süni intellektlə işləyən axtarış sistemi

Semantik axtarış və tövsiyə mexanizmlərinə əsaslanan intellektual sistem istifadəçilərə yalnız açar sözlərə görə deyil, mövzuya və məzmununa görə oxşar məqalələri tapmaq imkanı verir (11-14). Bu, ənənəvi “sadə indeks” tipli axtarışla müqayisədə elmi irsə daha dərinlən daxil olmağa şərait yaradır.

4. Tədqiqat prosesinin optimallaşdırılması

Model əsaslı təhlil göstərir ki, belə bir sistem tədqiqatçıların ədəbiyyat axtarışına sərf etdiyi vaxtı azaldır, mövcud mənbələrin yenidən qiymətləndirilməsinə şərait yaradır, yeni elmi kəşflərin əsasını qoyur..

Müzakirə

Bu məqalədə təqdim olunan model nümayiş etdirir ki, bulud texnologiyaları və süni intellektə əsaslanan intellektual tədqiqat sistemi təkcə texniki layihə deyil, həm də elmi prosesin təşkilinə dair yeni yanaşmadır (6-10, 11-14). Bu sistem vasitəsilə alimə məxsus məqalə, monoqrafiya və digər materiallar vahid platformada birləşdirilir, axtarış və təhlil imkanları əvvəlki ənənəvi metodlarla müqayisədə xeyli genişlənir.

Bulud əsaslı arxitektura məlumatların həm təhlükəsizliyini, həm də davamlı əlçatanlığını təmin edir. Eyni zamanda sistemin miqyaslanma bilməsi gələcəkdə həm yeni sənədlərin əlavə olunmasına, həm də digər alimlərin irsinin də bu platformaya integrasiyasına şərait yaradır. Bu yanaşma milli elmi irsin parçalanmış vəziyyətdən çıxıb vahid rəqəmsal məkanda toplanmasına xidmət edir.

Süni intellekt modulları, xüsusilə OCR və semantik axtarış – tədqiqatçılar üçün ənənəvi “açar söz” axtarışından daha funksional imkanlar yaradır. İstifadəçi konkret termin yazmasa belə, mövzuya yaxın məzmunlu sənədləri tapa, oxşar istiqamətdə aparılmış müxtəlif illərin işlərini müqayisə edə və yeni elmi ideyalar formalaşdırma bilər. Bu, həm ədəbiyyatın daha sistemli öyrənilməsinə, həm də mövcud elmi nəticələrin yenidən qiymətləndirilməsinə imkan verir.

Bununla yanaşı, modelin reallaşdırılması zamanı nəzərə alınmalı məhdudiyyətlər də mövcuddur. Birincisi, arxiv materiallarının bəzilərinin fiziki vəziyyəti zəif ola bilər və bu, skan və OCR prosesində çətinlik yaradar. İkincisi, sənədlərin müxtəlif dillərdə və müxtəlif terminologiyalarla yazılması dil texnologiyalarına əlavə tələblər qoyur. Üçüncüsü, sistemin real istifadəsi üçün yalnız texniki həll kifayət etmir, həm də müvafiq təşkilati və maliyyə dəstəyinə ehtiyac var.

Ümumilikdə, aparılan müzakirə göstərir ki, bulud texnologiyaları və süni intellektə əsaslanan intellektual axtarış sistemi akademik Yusif Məmmədəliyevin elmi irsinin qorunması və ondan istifadənin artırılması üçün effektiv vasitə ola bilər. Gələcək tədqiqatlarda modelin pilot versiyasının hazırlanması, kiçik həcmli sənəd toplusu üzərində sınaqdan keçirilməsi və istifadəçi rəyləri əsasında sistemin təkmilləşdirilməsi məqsədəuyğun görünür. Bu istiqamətdə aparılacaq işlər həm konkret bu irs üçün, həm də ümumilikdə Azərbaycan elmi irsinin rəqəmsal idarə olunması üçün praktik əhəmiyyətə malik olacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Mammadaliyev, Y.H., Mammadaliyev, Yusif Heydar oğlu (1905–1961). Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, rəsmi bioqrafik məlumat. science.gov.az (onlayn resurs). science.gov.az
2. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. Mammadaliyev Yusif Heydar oğlu. "Former Presidents" bölməsi, AMEA-nın rəsmi saytı. science.gov.az (onlayn resurs). science.gov.az+1
3. AZƏRTAC. Yusif Mammadaliyev – outstanding scientist, founder of Azerbaijan's petrochemical science. Elmi-populyar məqalə, 13 may 2022. Azertag+1
2. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. Founders of the ANAS. Mammadaliyev Y.H.-nin AMEA-nın təsisçilərindən biri kimi təqdimatı. science.gov.az (onlayn resurs). science.gov.az
3. AZƏRTAC. Baku Higher Oil School, Egyptian Petroleum Research Institute sign MoU. Xəbər materialı, akademik Y. Məmmədaliyev adına Neftkimya Prosesləri İnstitutu haqqında məlumatla. Azertag+1
4. Digital Preservation of Cultural Heritage. Encyclopedia of Digital Preservation and Cultural Heritage, onlayn elmi ensiklopediya məqaləsi, 2022. Encyclopedia Pub
5. Sandriester, J. və b. Digital Transformation in the Cultural Heritage Sector and Sustainable Digital Preservation Frameworks. Sustainability, 17(15), 6661, 2025. MDPI
6. Avropa Komissiyası. Collaborative Cloud for Europe's Cultural Heritage. Mətbuat məlumatı və tövsiyə sənədləri, 2022. European Commission+1
7. Creation and Preservation of Digital Cultural Heritage. Elmi məqalə, rəqəmsal mədəni irs və bulud əsaslı web-GIS arxitekturası haqqında tədqiqat işi. ResearchGate
8. CSC – IT Center for Science. We ensure the digital preservation of research datasets and cultural heritage data. Milli rəqəmsal yaddaş və bulud əsaslı arxiv xidmətləri haqqında məlumat. CSC
9. Schopf, T., Matthes, F. NLP-KG: A System for Exploratory Search of Scientific Literature in Natural Language Processing. Arxiv preprint, 2024. arXiv+1
10. Malo, Ş.F. Intelligent Semantic Search for Academic Journals Using AI and NLP Techniques. Journal of Information Systems Engineering & Management, 10(41s): 404–420, 2025. ResearchGate
11. Gottfried, K. və b. Semantic search helper: A tool based on the use of embeddings in multi-database environments. NLM elmi nəşri, 2025. PMC
12. SoftwarePoint. Optimizing Scientific Research with Data Lakes and Semantic Search. Analitik məqalə, elmi tədqiqatlarda semantik axtarışın roluna dair, 2025. Software Point
13. ENIGMA layihəsi. Sharing Cultural Heritage Data: Modern Digital Preservation Tools and Metadata Practices. Layihə çərçivəsində analitik yazı, 2024.

SÜRMƏ SULFİDİ VƏ ONDAN CuSbS_2 BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ

XATIN MƏMMƏDZADƏ¹

<https://orcid.org/0009-0001-7692-4475>

ALİYƏ RZAYEVA^{1,2}

aliye.rzaeva@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-7435-431X>

BƏHRUZ MƏMMƏDOV¹

<https://orcid.org/0009-0001-9685-876X>

SEVDA ƏLİYEVA^{1,2}

<https://orcid.org/0009-0007-7737-0578>

¹Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

²NDU Nəzdində Təbii Ehtiyatlar İnstitutu, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu məqalədə sürmə (Sb) tərkibli birləşmələrin, xüsusilə sürmə sulfidinin (Sb_2S_3) sintezi və ondan CuSbS_2 kimi üçlü sulfidlərin alınması araşdırılır. Sürmə sulfidinin fiziki-kimyəvi xassələri, kristal quruluşu və termodinamik sabitliyi müəyyən edilərək, CuSbS_2 birləşməsinin sintezində onun rolu izah olunur. Əldə edilən nümunələr rentgenfaza analizi və termogravimetrik üsullarla təhlil edilir. Nəticələr göstərir ki, Sb_2S_3 əsasında CuSbS_2 sintezi üçün optimal temperatur 400–450°C aralığında olub, məhsulun homogenliyi bu şərtlərdə maksimum olur.

Açar sözlər: sürmə sulfid, CuSbS_2 , sintez, termoanaliz, kristal quruluş.

Giriş

Sürmə və onun birləşmələri müasir materialşünaslıqda, xüsusilə yarımkeçirici və termoelektrik materialların hazırlanmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Sürmə sulfidi (Sb_2S_3) – stibnit minerali həm təbii, həm də laborator şəraitdə sintez edilə bilər. Son illərdə Sb_2S_3 əsasında alınan üçlü sulfidlər, məsələn CuSbS_2 , enerji çevrilməsi, fotovoltaiq sistemlər və sensor texnologiyaları üçün perspektivli materiallar hesab edilir. CuSbS_2 nisbətən dar enerji qadağan zolağına malikdir (≈ 1.5 eV) və bu, onun günəş elementlərində istifadəsinə şərait yaradır. Sb_2S_3 qara və ya tünd-boz rəngdə, metal parlaqlığa meyilli olur və yarımkeçirici xassələrə malikdir. Antimon (Sb), Dövrü sistemdə 15-ci qrupun metalloididir və metal-qeyri-metal xassələrinə malikdir. Onun ən stabil birləşmələrindən biri antimon(III) sulfididir (Sb_2S_3), təbiətdə stibnit mineralları kimi tapılır (Greenwood & Earnshaw, 2012).

Elmi mənbələrdə göstərilir ki, CuSbS_2 birləşməsi, əsasən, solvotermal, hidrotermal, həmçinin bərk-faza sintezi üsulları ilə alınır. Məsələn, J. Li və həmkarları (2021) tərəfindən aparılmış tədqiqatlarda CuSbS_2 nazik təbəqələrinin Sb_2S_3 və Cu_2S qarışıqlarının qızdırılması ilə sintez edildiyi göstərilmişdir. Həmçinin, Sb_2S_3 -ün termodinamik sabitliyi və onun Cu mənbələri ilə reaksiyası üçlü sulfidin faza tərkibini müəyyən edən əsas amillərdəndir. Bu baxımdan, reaksiyanın temperaturu, reaksiya mühiti və komponentlərin mol nisbəti CuSbS_2 sintezinin keyfiyyətinə ciddi təsir göstərir.

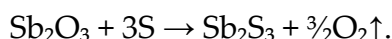
Burada meydana gələn Sb_2S_3 qara çökmə şəklində ayrılır. Material yüksək temperaturda parçalanaraq antimon oksidlər və SO_2 əmələ gətirir. Turşularla qarşılaşdıqda isə müxtəlif antimon duzları meydana çıxır (Zhang et al., 2014). Lakin müasir tədqiqatlar yalnız ikili Sb_2S_3 üzərində dayanmayıb, onun ternar sistemlərini, yəni üçüncü metal elementlərlə qurulan M–Sb–S birləşmələrini öyrənməkdədir. Bu sistemlər xüsusilə

fotovoltaika, termoelektrik və optik cihazlar üçün perspektivlidir (Kumar & Malik, 2021). Məsələn, CuSbS_2 yarımkeçirici xassələrə, dar enerji boşluğuna (~ 1.5 eV) malikdir və yaxşı işıq udma qabiliyyəti göstərir (Bhattacharjee et al., 2023;). Faktiki olaraq, CuSbS_2 -nin dairəvi istiliyə bağlı enerji boşluğu 1.608 eV-dən 1.694 eV-ə qədər dəyişir.

Bu ternar birləşmələrin hazırlanmasında solvotermal, hidrotermal və kimyəvi buxar çökdürmə üsulları geniş istifadə olunur. Solvotermal üsulda antimon, kükürd və üçüncü metal prekursorları üzvi həlledicidə həll olunur və müəyyən temperaturda reaksiya verilir. Bu üsul hissəcik ölçüsünü, formasını və kristal strukturunu tənzimləməyə imkan verir (Xiang et al., 2013). Əlavə olaraq, Sb_2S_3 nanokompozitləri, məsələn Sb_2S_3 / RGO, üçüncü nizamlı qeyri-xətti optik xassələr göstərərək fotonik cihaz tətbiqlərində öz potensialını nümayiş etdirir. Aşağı temperaturda sintez SbCl_5 -nin oleinaminlə reaksiya verməsi, ardınca oleinamində həll edilmiş kükürdün əlavə edilməsi yolu ilə həyata keçirildi. Qarışıq 24 saat ərzində 50°C -də qızdırıldı və sonra təmizləndi.

Ekspperimental hissə

Sürmə sulfidinin alınması üçün analitik təmizlikdə olan sürmə(III) oksidi (Sb_2O_3) və kükürd (S) istifadə edilmişdir. Reaksiya aşağıdakı tənlik üzrə aparılmışdır:



Əldə edilən Sb_2S_3 qurudulmuş, homogenləşdirilmiş və Cu mənbəyi kimi CuCl_2 ilə qarışdırılmışdır. Məhlul qapalı şüşə ampulada vakuum şəraitində 400°C -də 10 saat ərzində qızdırılmışdır. Soyudulmadan sonra alınan qara-qəhvəyi toz CuSbS_2 fazasına uyğun gələn rentgen difraksiya pikləri göstərmişdir.

Təcrübə nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, CuSbS_2 sintezinin effektivliyi temperatur və nisbətə həssasdır. $400\text{--}450^\circ\text{C}$ aralığında reaksiyanın tam getdiyi və əlavə Sb_2S_3 və Cu_2S fazalarının yaranmadığı müşahidə olunmuşdur. Yuxarı temperaturda isə $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ tipli fazaların əmələ gəlməsi mümkündür. Rentgenfaza analizi CuSbS_2 -nin ortorombik kristal quruluşa malik olduğunu təsdiqləmişdir. Termogravimetrik analiz isə göstərmişdir ki, sintez olunmuş nümunə 500°C -yə qədər stabildir.

Nəticə

Sürmə sulfidindən (Sb_2S_3) istifadə etməklə CuSbS_2 üçlü sulfid birləşməsi uğurla sintez edilmişdir. Optimal sintez temperaturu $400\text{--}450^\circ\text{C}$ aralığında müəyyən edilmiş, məhsulun homogenliyi və kristallığı bu şərtlərdə maksimum olmuşdur. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, Sb_2S_3 sürmə tərkibli yarımkeçirici materialların alınması üçün əlverişli prekursor rolunu oynayır.

ƏDƏBİYYAT

1. Bhattacharjee, S., Hassan, M., Das, N. K., & Dey, M. (2023). Design and Optimization of Copper Antimony Sulfide Thin Film Solar Cell. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 13(3). <https://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/view/14107>
2. Greenwood, N.N., Earnshaw, A. *Chemistry of the Elements*, 2nd Ed., Elsevier, 2018
3. Ivanov, V. "Phase relations in the Cu–Sb–S system" *Journal of Solid State Chemistry*, 2020

4. Kargar, F. et al. "Thermal stability and structure of CuSbS_2 compounds." *Materials Today: Physics*, 2022
5. Kumar, M., & Malik, M. M. (2021). Recent developments in metal antimony sulfides: A review. Journal of Materials Chemistry C, 9(22), 7040-7060
6. Li, J. et al. "Synthesis and characterization of CuSbS_2 thin films for photovoltaic applications." *Journal of Alloys and Compounds*, 2021
7. Xiang, C., et al. (2013). Solvothermal synthesis and characterization of ternary metal sulfide nanocrystals. Journal of Nanomaterials, 2013, Article ID 182542
8. Yakovleva, N. et al. "Thermodynamic aspects of antimony chalcogenides." *Materials Chemistry and Physics*, 2019
9. Zhang, H., et al. (2014). Hydrothermal synthesis of Sb_2S_3 nanorods and their photoelectrochemical properties. Journal of Alloys and Compounds, 589, 542-546

SUMMARY

X.Mammedaliyev, A.Rzayeva,
B.Mammedova, S.Aliyeva

SYNTHESIS OF ANTIMONY SULPHIDE AND THEREFROM THE COMPOUND CuSbS_2

This article investigates the synthesis of antimony (Sb)-containing compounds, especially antimony sulfide (Sb_2S_3), and the preparation of ternary sulfides such as CuSbS_2 from it. The physicochemical properties, crystal structure, and thermodynamic stability of antimony sulfide are determined, and its role in the synthesis of the CuSbS_2 compound is explained. The obtained samples are analyzed by X-ray diffraction and thermogravimetric methods. The results show that the optimal temperature for the synthesis of CuSbS_2 based on Sb_2S_3 is in the range of 400–450°C, and the homogeneity of the product is maximum under these conditions.

Keywords: antimony sulfide, CuSbS_2 , synthesis, thermal analysis, crystal structure.

РЕЗЮМЕ

Х.Маммедалиев, А.Рзаева,
Б.Маммедова, Ш.Алиева

СИНТЕЗ СУЛЬФИДА СУРЬМЫ И ПОЛУЧЕНИЕ ИЗ НЕГО СОЕДИНЕНИЯ CuSbS_2

В данной статье исследован синтез соединений, содержащих сурьму (Sb), в частности сульфида сурьмы (Sb_2S_3), и получение на его основе тройных сульфидов, таких как CuSbS_2 . Определены физико-химические свойства, кристаллическая структура и термодинамическая устойчивость сульфида сурьмы, а также объяснена его роль в синтезе соединения CuSbS_2 . Проведен анализ полученных образцов методами рентгеноструктурного анализа и термогравиметрии. Результаты показывают, что оптимальная температура синтеза CuSbS_2 на основе Sb_2S_3 находится в диапазоне 400–450 °С, при этом достигается максимальная гомогенность продукта.

Ключевые слова: сульфид сурьмы, CuSbS_2 , синтез, термический анализ, кристаллическая структура

EKOLOJİ KİMYANIN MÜASİR PROBLEMLƏRİ VƏ İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİNİN TƏDRİSİ MƏSƏLƏLƏRİ

QIZILLI ƏLİYEVƏ

eliyevaqizilli@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0001-7326-3336>

Naxçıvan Dövlət Universiteti

FİRDOVSI QASIMOV

qasimov1984@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti

XÜLASƏ

Kimya elminin müasir istiqaməti hesab olunan yeni ekoloji kimya elmi daha geniş yayılmış sahələri ilə diqqət mərkəzində saxlanılır. Onun əsas məqsədi ətraf mühitdə gedən kimyəvi proseslərin təhlükəsiz yollarını daha geniş şəkildə araşdırıb ortaya qoymaqdır. Təbii tarazlığın pozulmasının qarşısını almaq üçün elmi əsaslı kimyəvi üsulların işlənilib hazırlanması ən aktual məsələ kimi diqqətdə saxlanılır. Hazırda Azərbaycanda işğaldan azad edilmiş bölgələrdə ətraf mühitin vəziyyətinin kimyəvi- ekoloji tədqiqi aparılır. Qırmızı Kitaba düşmüş Qafqaz palıdı, Şərq çınarı, Eldar şamı kütləvi şəkildə qırılıb və yandırılmış, ekoloji tarazlıq pozulmuşdur. Dövlətimiz tərəfindən 2020- ci ildən sonra bu ərazilərdə " Yaşıl enerji zonası", "Ağıllı şəhər-ağıllı kənd" layihələri həyata keçirilir. Ekoloji monitorinq məntəqələri qurulur. Zəngəzur Milli Parkı, Xocavənd və Kəlbəcər təbiət qoruqları kimi ərazilər təşkil edilir.

Qarabağ və Şərqi Zəngəzurdaxan Həkəri, Xaçınçay, Bazarçay, Tərtər çayları işğal zamanı tullantılarla çirkləndiyindən həmin suların tərkibinin sağlamlaşdırılması üçün tədbirlər həyata keçirilir. Su mənbələrində aşkarlanan mis, qurğuşun, sink və s. ağır metallardan, üzvi tullantılardan təmizlənməsi üçün müəyyən proqramlar yerinə yetirilir.

Yeni ekoloji kimyanın əsas xüsusiyyətləri kimi zərərsiz xammaldan istifadə olunması, tullantısız istehsal proseslərinin istifadəsinə geniş yer verilməsi, ağır metallarla bağlı tədqiqatların daha geniş şəkildə aparılması, sənaye tullantılarının kimyəvi yolla zərərsizləşdirilməsinin yeni üsullarının tapılması, iqlim böhranı və "yaşıl iqtisadiyyat"a keçid məsələləri ön planda olacaqdır.

Açar sözlər: Yeni ekoloji kimya, hava kimyası, su kimyası, torpaq kimyası, ekoloji balans, iqlim böhranı

Ekoloji kimya XXI əsrdə global ekoloji təhlükəsizliyin əsas istiqamətlərindən biri olmaqla bərabər müasir elmin ayrılmaz hissəsidir. Bu elmin öyrənilməsi təbiətlə insan arasında ekoloji tarazlığın qorunmasına yardım edir. Ekoloji kimyanın öyrənilməsi indiki dövrdə çox vacib məsələlərdən biridir. Bu fənnin əsas məqsədi təbiəti öyrənməklə bərabər həm də onu qorumağı bacarmaqdır.

Ekoloji kimya torpaq, hava və sularla baş verən kimyəvi çirkləndiricilərin qarşısını almağa kömək edir. Bu fənnin hərtərəfli tədrisi nəticəsində təhsilalanlar həm ekoloji düşüncəyə malik olurlar, həm də məsuliyyətli vətəndaş kimi formalaşırlar. Məsələn, atmosferin çirklənməsi, içməli suyun keyfiyyətinin pisləşməsi, qidaların tərkibinin dəyişdirilməsi insanların sağlamlığına birbaşa və ya dolayısı yolla təsir edir. Ekoloji kimyanın bu gün çox sürətli şəkildə inkişaf etməsinin səbəbi yeni yaranan çirkləndiricilərin sayının durmadan artmasıdır. İnsanların sağlamlığı və təbiətin qorunması baxımından ekoloji kimyanın öyrənilməsi əsas diqqətdə saxlanılan məsələlərdən biridir. Hər bir müəllim ekoloji kimya fənnini tədris edərkən müxtəlif tədris formalarından və

prinsiplərindən istifadə etməlidir. Məsələn: Müəllim dərsə aşağıdakı problem vəziyyət yaratmaqla başlaya bilər: Havanı çirkləndirən karbon- monooksid, azot di- oksid, hidrogen-sulfid, metan, kükürd di- oksid və s. qazlar haqqında nə bilirsiniz və bu qazların insan orqanizminə nə kimi mənfi təsirləri var? Bu zaman şagird və ya tələbə düşünür, müəyyən araşdırmalar aparır və öz nəticələrini ortaya çıxarır. Həmçinin təhsilalanların tədqiqat və yaradıcı bacarıqlarının ortaya çıxarılması üçün də onlara müxtəlif ekoloji layihələrin hazırlanması tapşırıla bilər. Məsələn: "Təbii məhsullardan istifadənin insan sağlamlığı üçün vacib məsələləri", "Təmiz hava – təmiz su", "Təmiz hava və sağlam həyat", "Sağlam qida və sağlam həyat", "Təmiz havanın və təmiz suyun vacib məsələləri", "Tullantıların təkrar emalı üsulları" və s. layihələrin hazırlanması təhsilalanlar üçün maraqlı olar.

Ekoloji kimyanı tədris edən mütəxəssislər ekoloji kimyanın tədqiqat sahələri olan **hava kimyası, su kimyası və torpaq kimyası** haqqında təhsilalanlara hərtərəfli məlumat verməlidir.

Hava kimyası - havada maddələrin tərkibini, atmosferdə baş verən kimyəvi prosesləri və onların ətraf mühitə, iqlimə təsirini araşdırır. Bu zaman bir çox zərərli qazlarla yanaşı həm də azot oksidlərinin və digər qazların ozon təbəqəsini zədələməsi və dağıtması nəticəsində ultrabənövşəyi şüaların birbaşa canlı orqanizmə təsiri hava kimyasının mühüm mövzudur.

Su kimyası - çay, göl və dənizlərin çirklənməsi və onların çirkləndiricilərdən təmizlənməsi, içməli suyun keyfiyyətinin qorunması, çirklənmiş su nümunələrinin laboratoriya üsulları ilə kimyəvi reagentlərdən istifadə etməklə yenidən bərpa olunması təcrübələri haqqında elmdir.

Torpaq kimyası - isə torpaqların ağır metallarla, herbisidlərlə, müxtəlif zərərli tullantılarla çirklənməsini və bu sahədə onların aradan qaldırılması məsələlərini öyrənir.

Müəllim ekoloji kimyanı mükəmməl şəkildə tədris etdikdə təhsilalanlar ətraf mühitin qorunması üçün elmi əsaslı qərarlər verməyi və təbiətə qarşı məsuliyyətlə yanaşmağı bacaracaqlar. Tədris prosesində ekoloji kimyanın müasir problemlərini nəzəri cəhətdən təhlil etmək, ən yeni çirkləndirici qrupların kimyəvi tərkibini və xassələrini ümumiləşdirmək çox böyük səmərə verir. Həmçinin təmizləyici və qoruyucu texnologiyaların işlənilməsi hazırlanması məsələlərinin vacibliyi diqqətdə saxlanılır. Çox aşağı qatılıqlarda çirkləndiricilərin aşkar edilməsi çətinlik yaradır. Çirkli sularda, atmosferdə və torpaqda bu maddələrin izlənməsi daha da mürəkkəbləşir. **Digər bir problem isə qarışıq çirkləndiricilərin bir-birinə təsir edərək xassələrini dəyişdirməsidir.**

(Respublika elmi konfransının materialları. BDU. 2019).

Bildiyimiz kimi hazırda, ekosistemdə tənzimlənməyən məhsullar geniş yayılmışdır. Bunlara misal olaraq dezinfeksiya zamanı istifadə olunan məhsullardan yaranan yan məhsulları və həmin məhsulların parçalanmasından alınan zərərli maddələri, dərman maddələrini, antibiotikləri və s. göstərmək olar. Çox sayda çirkləndiricilər üzərində tədqiqatlar aparılsa da insan sağlamlığı və ekosistemlər üzərindəki təsirin nəzəri modelləri hələ tam aydınlaşdırılmayıb. Bu qarışıqların parçalanma məhsullarının təsiri və onların saxlanma müddəti hələ kifayət qədər müəyyən olunmamışdır. İstehsalın təmizliyi, kimyəvi maddələrin inkişaf etdirilməsi üçün yaşıl kimya yanaşmalarının tətbiqi hələ kifayət qədər geniş yayılmamışdır.

Kimyəvi maddələr uzun müddət ətraf mühitdə qalaraq canlı orqanizmlər vasitəsilə yayılır. Mühitin və şəraitin dəyişməsindən asılı olaraq eyni kimyəvi maddənin təsiri dəyişə bilər. Bu da tədqiqatların aparılmasının çətinləşməsinə səbəb olur. İqlim dəyişmələri, temperaturun müxtəlif hədlərə çatması, yağıntının çoxalması, hidrogen göstəriciləri kimi faktorların dəyişilməsi kimyəvi maddələrin üzərində onların rolunu artırır.

Şəhərdə yaşayan insanlar ekoloji problemlərdən daha çox əziyyət çəkirlər. Şəkərli diabet, astma, qan təzyiqi, tənəffüs xəstəlikləri geniş yayılmışdır. Müxtəlif xəstəliklərin çoxalması insanların əziyyət çəkməsi ilə nəticələnir. İçməli suların keyfiyyətinin azalması, tikinti tullantılarının çoxalması vəziyyəti daha da pisləşdirir. Bütün bunlar çox sayda avtomobillərin hərəkəti, zavod və fabriklərin saylarının çox olması, kanalizasiya sistemlərinin çatışmazlığı, düzgün qurulmaması, sənaye tullantılarının nəzarətsizliyi, yağış sularının kanalizasiya sistemlərinə axıdılmaması nəticəsində baş verir.

Kəndlərdə baş verən ekoloji problemlər isə kənd sakinlərinin sağlamlığına pis təsir edir. İqlim dəyişkənliyi, təbiət hadisələri, yanğınlar, su hövzələrinin çirklənməsi, gübrələrdən həddindən artıq istifadə olunması, bunun nəticəsi kimi meyvə və tərəvəzlərin keyfiyyətinin aşağı düşməsi və azalması insanların müxtəlif xəstəliklərlə üzləşməsinə səbəb olur.

Müasir dövrdə daha təhlükəsiz kimyəvi maddələrin sintez olunması ön plandadır. Məsələn, plastik kütlələrin parçalanması və həm də plastik kütlə əvəzinə bioplastiklərin emalı proseslərinin sürətlənməsi diqqətdə saxlanılır. Bioloji metodların kombinasiyası olan elektro- oksidləşmə, enzimatik parçalanma və s. kimi üsullardan istifadə yaxşı nəticələrin əldə olunmasına kömək edəcəkdir. Kimyəvi maddələrin ətraf mühitdə yayılması, toksik təsirlərinin proqnozu üçün biologiya və kimyanın birləşməsi bu çirkləndiricilərin təsir mexanizmlərinin anlaşılmasına imkan verir (Hacıyeva. Bakı BDU nəşriyyatı, 2022).

Beləliklə, təmiz texnologiyanın inkişafı və mühitin təmizlənməsi qarşıda duran əsas vəzifələrdən biridir. Davamlı çirkləndiricilərin təmizlənməsi üçün daha yeni oksidləşmə, piroliz, fotoliz, katalitik proseslər, elektrik kimyası kimi proseslərdən istifadə olunacaqdır. Eyni zamanda kimya fənni ilə ekologiya, mikrobiologiya, toksikologiya sahələrinin birlikdə inkişaf etdirilməsi yaxşı nəticələrin əldə olunmasına kömək edəcəkdir. Həmçinin ən yaxşı praktik texnologiyaların tətbiqi və sənaye tərəfindən qəbulunun təşviqi vacib məsələ kimi tədqiqatçılarımızı düşündür. Ətraf mühitdə olan çirkləndiricilərin hansı mühitdə, hansı şəraitdə və hansı dozada zərər verə biləcəyi haqqında məsələlər diqqət mərkəzindədir.

Beləliklə, kimyada əldə olunan nəticələrlə epidomoloji tədqiqatların nəticələri birləşdirilən zaman insan sağlamlığına çirkləndiricilərin hansı müddətə və həm də aşağı dozada təsirlərinin araşdırılması asan olacaqdır.

Yaranan tullantıların qarşısı əvvəlcədən alınarsa çirklənmənin qarşısına böyük bir sədd çəkilmiş olar. Daha az zərərli sintetik metodlardan istifadə olunması müsbət hal kimi qiymətləndirilməlidir. Təhlükəsiz həlledicilərdən istifadə olunması, proseslərin normal təzyiq və aşağı temperaturda aparılması, tullantıların təkrar emalı prosesləri diqqətdə saxlanılır. Bu yanaşmalar ekoloji təhlükəsizliyin yaranmasına kömək etməklə yaranan çirkləndiricilərin qarşısını alacaqdır. Yaşıl kimya ekoloji kimyanın inkişafına kömək edir. Yaşıl kimyanın əsas inkişaf sahələri kimi biohəllediciləri, nanomaterialları, təkrar emal texnologiyalarını göstərmək olar.

(Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi. 2023)

Kimya elminin müasir istiqaməti hesab olunan yeni ekoloji kimya elmi daha geniş yayılmış sahələri ilə diqqət mərkəzində saxlanılır. Onun əsas məqsədi ətraf mühitdə gedən kimyəvi proseslərin insanların, bitki və heyvanların həyatı üçün təhlükəsiz yollarını daha geniş şəkildə araşdırıb ortaya qoymaqdır. Ağır metal ionlarının təyini, tullantı sularının yeni metodlarla təmizlənməsi məsələləri qarşıda bir məqsəd kimi durur. Hazırda Azərbaycanda işğaldan azad edilmiş bölgələrdə ətraf mühitin vəziyyətinin kimyəvi- ekoloji tədqiqi aparılır. Təbii tarazlığın pozulmasının qarşısını almaq üçün elmi əsaslı kimyəvi üsulların işlənilib hazırlanması ən aktual məsələlərdən biri kimi diqqətdə saxlanılır. Qırmızı Kitaba düşmüş Qafqaz palıdı, Şərq çınarı, Eldar şamı kütləvi şəkildə qırılıb və yandırılmış, ekoloji tarazlıq pozulmuşdur. Dövlətimiz tərəfindən 2020-ci ildən sonra bu ərazilərdə "Yaşıl enerji zonası", "Ağıllı şəhər-ağıllı kənd" layihələri həyata keçirilir. Ekoloji monitorinq məntəqələri qurulur. Zəngəzur Milli Parkı, Xocavənd və Kəlbəcər təbiət qoruqları kimi ərazilər təşkil edilir.

Qarabağ və Şərqi Zəngəzurdaxan Həkəri, Xaçınçay, Bazarçay, Tərtər çayları işğal zamanı tullantılarla çirkləndiyindən həmin suların tərkibinin sağlamlaşdırılması üçün tədbirlər həyata keçirilir. Su mənbələrində aşkarlanan mis, qurğuşun, sink və s. ağır metallardan, üzvi tullantılardan təmizlənməsi üçün müəyyən proqramlar yerinə yetirilir. Hazırda biomxtəlifliyin qorunması, ekosistemin bərpası istiqamətində kompleks tədbirlər həyata keçirilir (Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi, 2023).

Yeni ekoloji kimyanın əsas xüsusiyyətləri kimi zərərsiz xammaldan istifadə olunması, tullantisız istehsal proseslərinin istifadəsinə geniş yer verilməsi, ağır metallarla bağlı tədqiqatların daha geniş şəkildə aparılması, enerji istehsalında ekoloji balansın qorunması, sənaye tullantılarının kimyəvi yolla zərərsizləşdirilməsinin yeni üsullarının tapılması, iqlim böhranı və "yaşıl iqtisadiyyat"a keçid məsələləri ön planda olacaqdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Hacıyeva, S. və həmmüəlliflər. Qlobal ekoloji problemlər, səbəblər, həlli yolları, "yaşıl" enerji. Bakı, BDU nəşriyyatı, 2022
2. "Ekoloji kimya və ətraf mühitin mühafizəsinin müasir problemləri". Respublika elmi konfransının materialları. BDU, 2019
3. Azərbaycan Respublikası Ekologiya və Təbii Sərvətlər Nazirliyi. "İşğaldan azad edilmiş ərazilərdə ekoloji vəziyyətin qiymətləndirilməsi üzrə hesabat", 2023

SUMMARY

The new ecological chemistry, which is considered a modern direction of chemical science, is in the spotlight with its more widespread areas. Its main goal is to more widely investigate and reveal safe ways of chemical processes in the environment. The development of scientifically based chemical methods to prevent the disruption of the natural balance is being paid attention to as the most urgent issue. Currently, a chemical-ecological study of the state of the environment is being conducted in the regions liberated from occupation in Azerbaijan. The Caucasian oak, Eastern plane tree, and Eldar pine, which are listed in the Red Book, have been massively cut down and burned, and the ecological balance has been disrupted. Our state is implementing the "Green Energy Zone" and "Smart City-

Smart Village" projects in these areas after 2020. Ecological monitoring stations are being established. Areas such as Zangezur National Park, Khojavend and Kalbajar nature reserves are being organized.

Since the Hakari, Khachinchay, Bazarchay, and Tartar rivers flowing in Karabakh and East Zangezur were polluted with waste during the occupation, measures are being taken to improve the composition of these waters. Certain programs are being implemented to clean them from heavy metals such as copper, lead, zinc, and other substances found in water sources, as well as organic waste.

The main features of new ecological chemistry are the use of harmless raw materials, the widespread use of waste-free production processes, the widespread conduct of research on heavy metals, the discovery of new methods for the chemical neutralization of industrial waste, the climate crisis, and the transition to a "green economy".

Keywords: *new ecological chemistry, air chemistry, water chemistry, soil chemistry, ecological balance, climate crisis*

РЕЗЮМЕ

Новая экологическая химия, считающаяся современным направлением химической науки, находится в центре внимания благодаря своему широкому охвату. Её главная цель — более широкое изучение и выявление безопасных путей протекания химических процессов в окружающей среде. Разработка научно обоснованных химических методов, предотвращающих нарушение природного равновесия, рассматривается как важнейшая задача. В настоящее время в освобожденных от оккупации районах Азербайджана проводится химико-экологическое исследование состояния окружающей среды. В результате массовых вырубок и пожаров вырубаются и сжигаются занесенные в Красную книгу кавказский дуб, восточный платан и эльдарская сосна, что приводит к нарушению экологического равновесия. На этих территориях наше государство реализует проекты «Зона зеленой энергии» и «Умный город — умное село» после 2020 года. Создаются станции экологического мониторинга. Организуются такие территории, как Зангезурский национальный парк, Ходжавендский и Кельбаджарский природные заповедники.

Поскольку реки Хакари, Хачинчай, Базарчай и Тертер, протекающие по территории Карабаха и Восточного Зангезура, были загрязнены отходами во время оккупации, принимаются меры по улучшению состава этих вод. Реализуются программы по их очистке от тяжёлых металлов, таких как медь, свинец, цинк и других веществ, содержащихся в водных источниках, а также органических отходов.

Основными особенностями новой экологической химии являются использование безвредного сырья, широкое применение безотходных производственных процессов, широкое проведение исследований тяжёлых металлов, открытие новых методов химической нейтрализации промышленных отходов, климатический кризис и переход к «зелёной экономике».

Ключевые слова: *новая экологическая химия, химия воздуха, химия воды, химия почвы, экологическое равновесие, климатический кризис*

YUSİF MƏMMƏDƏLİYEVİN İRSİ AZƏRBAYCAN ELMİNİN QÜRUR TARİXİDİR

LALƏ TALİBOVA

qisimemi@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9658-5589>

XÜLASƏ

Yüksək mədəniyyətli, geniş, ensiklopedik diapazonlu, Vətəninə, xalqına bağlı şəxsiyyət, dahi alim Y.Məmmədaliyev XX əsr bəşər elminin yaradıcılarından biri, Azərbaycanın fəxri ziyalı, əbədi yaşayacaq insanlardandır. Y.Məmmədaliyevin qısa, lakin parlaq ömrünü düşündükcə bir daha əmin olursan ki, özü üçün deyil, Vətəni, xalqı üçün yaşayan insan xoşbəxtdir. Bəlkə elə bu səbəbdəndir ki, belə şəxslərin ömrü xalqının ömrü qədər uzundur. O, zaman etibarilə bizdən uzaqlaşdıqca, ruhən bizə yaxınlaşır, doğmalaşır.

Elm korifeyi, akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədaliyev 1905-ci il dekabrın 31-də Azərbaycanın dilbər guşələrindən olan Naxçıvan Muxtar Respublikasının Ordubad şəhərində doğulub. Görkəmli alimin uşaqlıq illəri möhtəşəm sıra dağların ətəyində yerləşən, adı qədim yazılı mənbələrdə qeyd edilən, Azərbaycanın böyük və şərəfli tarixinin nişanələri ilə zəngin olan bu diyarda keçib. O, 1911-1917-ci illərdə Ordubadda şəxsi məktəbdə təhsil alıb, sonra orada yaradılan yeni tipli məktəbdə təhsilini davam etdirib. 1918-1920-ci illərdə Təbrizdə ingilisdilli məktəbdə təhsil alıb. 1921-ci ildə Ordubadda gimnaziyanı "əla" qiymətlərlə bitirib, ibtidai məktəbdə müəllim işləyib. 1926-cı ildə Ali Pedaqoji İnstitutun təbiət fakültəsini müvəffəqiyyətlə bitirib. Bu ali təhsil ocağında Y.Məmmədaliyev görkəmli kimyaçı professorlarımız S.Hüseynov və M.Xanlarovdan dərslər alıb. Y.Məmmədaliyev kimya elminə olan dərin marağını və sevgisini nəzərə alıb, 1929-cu ildə kimya biliklərini daha da dərinləşdirmək məqsədilə M.V.Lomonosov adına Moskva Dövlət Universitetinin kimya fakültəsinə qəbul olunub. Dünya kimya elminin görkəmli alimlərindən olan akademik N.Zelinskinin laboratoriyasında elmi-tədqiqat işləri aparmağa başlayıb. 1931-ci ildə N.Zelinskinin və A.Balandinin rəhbərliyi ilə "Etilenin katalitik hidrogenləşməsinin kinetikasının öyrənilməsi" mövzusunda ilk elmi tədqiqat işini müvəffəqiyyətlə yerinə yetirib

Açar sözlər: neft kimyası, alkilləşdirmə reaksiyaları, karbohidrogenlərin sintezi, katalitik proseslər, yüksək oktanlı benzin istehsalı

Giriş

Y.Məmmədaliyev böyük vətənpərvər idi və onun ürəyi daim doğma Azərbaycan ilə döyünürdü. O, hər zaman öz elmi fəaliyyətini vətəninə davam etdirmək istəyib. 1932-ci ildə vətənə qayıdan alim Azərbaycan Kənd Təsərrüfatı İnstitutunda üzvi kimya kafedrasına müdür təyin olunub. Bir tədris ili orada işlədikdən sonra Bakıdakı V.Kuybişev adına Azərbaycan Neft Elmi-Tədqiqat İnstitutunda (indiki AMEA Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu) işə başlayıb. Onun əsas elmi fəaliyyəti bu institutla bağlı olub və böyük alim burada gənc tədqiqatçıdan akademikliyədək şərəfli yol keçib. Y.Məmmədaliyev bu elm müəssisəsində kimyaya aid intensiv axtarışlar aparmağa və ilk məqalələrini çap etdirməyə başlayıb. Alimin məqalələri, bir qayda olaraq, nəzəri əhəmiyyəti ilə yanaşı, dövrün praktik tələbatına uyğun nəzəriyyə ilə təcrübə arasında

canlı körpü idi. Y.Məmmədəliyev elmi axtarırlarının hər bir mərhələsində zamanəsini qabaqlaya bilib və hələ gənc yaşlarından unikal tədqiqatları ilə seçilib. Müasir dövrümüzdə tədqiqatlarına başlanan bir çox məsələlər haqqında hələ o dövrdə alim uzaqgörənliyi ilə əvvəlcədən elmi mülahizələr və hipotezlər verib və bu istiqamətlərin gələcək inkişaf perspektivlərini zamanəsində müəyyənləşdirə bilib. Müasir qloballaşma dövründə hələ indi perspektivləri açılan bir çox tədqiqatın, o cümlədən hidrogenin yanacaq kimi istifadə olunma imkanlarını ilk dəfə hələ o zaman göstərib. Elinə, obasına, ana təbiətə vurğunluqla yaşayıb yaradan Y.Məmmədəliyev elmin sirlərini yüksək sədaqət hissi, gərgin və yorulmaz əməyi ilə açaraq bir sıra dünya əhəmiyyətli kəşflər edib və yaşadığı şərəfli ömrü zəngin xəzinəyə çevirə bilib.

Ümummilli Lider Heydər Əliyev dahi alimin əməyini, kimya elminin inkişafında verdiyi töhfələri yüksək qiymətləndirib: "Yusif Məmmədəliyevin həyatı, yaradıcılığı, əsərləri və qoyduğu böyük elmi irs Azərbaycan xalqının tarixinin böyük bir fəslidir, hissəsidir, parçasıdır. Yusif Məmmədəliyev heç vaxt unudulmayacaq, zaman keçdikcə onun Azərbaycan xalqının tarixindəki yeri daha da açıq görünəcəkdir və insanlar, gələcək nəsillər Azərbaycanın belə şəxsiyyətləri ilə fəxr edəcəklər".

Akademik Y.Məmmədəliyev dünyada ilk dəfə Azərbaycan nefti və təbii qazlarının tədqiqinə başlayıb, onların kimyəvi tərkibinin müəyyənləşdirilməsində uğurlu nailiyyətlər qazanıb. Bu təbii sərvətlərin yeni neft-kimya və neft emalı prosesləri üçün əvəzsiz təbii mənbə olduğunu elmi cəhətdən əsaslandıraraq sübut edib. Tədqiqatlarında hər zaman bu zəngin mənbədən istifadə etməyə üstünlük verib, bundan əhəmiyyətli məhsulların alınması üçün geniş işlər aparıb. Neft və təbii qazların hidrogenləşməsi, dehidrogenləşməsi, hidratlaşması sahəsində ilk dəfə yüksək nəticələr əldə edərək bir sıra gərəkli maddələrin, o cümlədən etil spirtinin, süni kauçukun, süni liflərin və s. yeni alınma üsullarını işləyib hazırlayıb. Bu metod ilə Azərbaycanda ilk dəfə süni kauçukun istehsalına başlanılıb.

Y.Məmmədəliyev ilk dəfə neft qazlarının müxtəlif üsullarla ayrılması, xlorlaşması, etilen və asetilenə çevrilməsi, doymamış qazların bromlaşması, onların hidratlaşması, hidrogen sulfidlə qarşılıqlı təsiri və alınan halogenli birləşmələrin xalq təsərrüfatında və tibbdə istifadə olunmasına dair müvəffəqiyyətli tədqiqat işləri aparıb. Dünya alimlərinin öhdəsindən gələ bilmədiyi, əsrlər boyu müəmmalı qalan problemləri bu böyük alim həll edib - "qaynar lay" katalizator təbəqəsini tətbiq etməklə halogenləşmə proseslərində inqilabi dönüş yarada bilib. Y.Məmmədəliyevin üsulu ilə Azərbaycanda halogenli karbohidrogenlərin istehsalı üçün böyük halogenləşmə sənaye və yarımşənaye pilot qurğuları və zavodlar tikilib. Bu metod müxtəlif ölkələrdə də tətbiq edilib. Bu üsul ilə sənaye miqyasında müxtəlif sahələrdə strateji əhəmiyyətə malik, həmçinin dərman preparatları, həlledicilər, pestisidlər və digər məhsullar alınıb. Həmin dərman preparatları minlərlə insanı yoluxucu xəstəliklərdən qoruyub. Digər birləşmələr isə xüsusilə aviasiya sənayesində yüksək səmərəliliyə malik həlledicilər, yanğınsöndürmə əleyhinə maddələr kimi geniş istifadəsini tapıb. 1938-ci ildə Moskva Dövlət Universitetinin elmi şurası azərbaycanlı alimin əsasən neft qazlarının tədqiqi sahəsindəki yüksək əhəmiyyətli işlərini, dərin nəzəri ümumiləşdirmələrini nəzərə alaraq, ona dissertasiya müdafiə etmədən kimya elmləri namizədi alimlik dərəcəsi verib.

Dahi alimin 1941-1945-ci illər müharibəsi dövründə müstəsna xidmətləri olub. Qələbənin yaxınlaşmasında əvəzsiz xidmətləri olan Y.Məmmədəliyev bu dövrdə neft kimyası və neft emalının vacib proseslərindən olan alkilləşmə sahəsində misilsiz nailiyyətlər əldə edib və yeni kəşflərə imza atıb. Nəticədə onun üsulu ilə yüksək çıxımla alınan və strateji əhəmiyyətli məhsullar olan alkilaromatik birləşmələr cəbhənin məqsədləri üçün geniş istifadə olunub, həmçinin "Molotov kokteyli" yeni tərkibdə işlənilib hazırlanıb. Top mərmilərinin və minaların hazırlanmasında ən çox istifadə olunan trinitrotoluol (trotil) partlayıcı maddəsinin əsas komponenti olan toluolun yüksək çıxımla alınması, təyyarələrin yüksək uçuşunu təmin edə bilən yüksək oktanlı və çox aşağı donma temperaturuna malik yanacaqların hazırlanması onun adı ilə birbaşa bağlıdır. Alimin elmi ixtiralarına əsasən 1941-1944-cü illərdə Bakı neftayırıanları cəbhəyə milyon tonlarla yüksək keyfiyyətli benzin veriblər. Görkəmli akademikın Azərbaycan nefti əsasında aldığı yüksək keyfiyyətli, oktan ədədi 120-yə bərabər olan, aşağı donma temperaturuna malik bu qiymətli yanacaq İkinci Dünya müharibəsində aviasiya yanacağı kimi də istifadə olunaraq qələbəyə birbaşa yol açıb. Y.Məmmədəliyev bu rəşadətlərinə görə bir çox təltiflərə, o cümlədən Dövlət Mükafatına layiq görülüb. O, 1943-cü ildə doktorluq işini müdafiə edərək kimya elmləri doktoru alimlik dərəcəsi və professor elmi adını alıb. Akademik Y.Məmmədəliyevin bu sahədə kəşfləri nəinki səmaları, hətta kosmosu fəth etməyə imkan verib. Bu metod ilə alınan yüksək keyfiyyətli raket yanacaqlarından Yerin ilk süni peykinin buraxılması və insanın kosmosa uçuşunda istifadə edilib. Dahi alim haqlı olaraq Qələbə Paradına və Yuri Qaqarinin kosmosa ilk uçuşu münasibətilə təşkil olunan ali tədbirə dəvət olunub və orada ölkəmizi layiqincə təmsil edib.

Elmi axtarışlarını yorulmadan və daim zənginləşdirən alim sonradan alkilləşmə sahəsində tədqiqatlarını genişləndirərək toluolun, etilbenzolun, ksilolların, kumolun, trimetilbenzolun, xlor, brom və oksibenzolların, tetralinin, naftalinin, tsikloheksanın alkilxloridlərlə, alkenilhalloidlərlə alkilləşməsinin kinetikasına, mexanizminə və bu alkilləşmə reaksiyalarının mexanizminin müəyyənləşdirilməsinə həsr olunan onlarla məqalə və məruzə çap etdirib. Azərbaycanda polimerlər kimyası üçün monomer və digər neft-qaz emalı məhsullarının polimerləşməsi sahəsində ilk tədqiqatların aparılması və onların məntiqi ardıcılıqla davam etdirilməsi dahi alimin adı ilə bağlıdır. Azərbaycan elmini dünyada tanıdan akademikın polimer kimyasında əvəzsiz xidmətləri olub. Polimer kimyasının əsasını təşkil edən reaksiyaqabiliyyətli monomerlərin, onların əsasında xüsusi təyinatlı polimerlərin yüksək effektivliklə alınması ilk dəfə onun tərəfindən həyata keçirilib. Bu üsullar nəinki ölkəmizdə, hətta onun hüdudlarından kənarda belə tanınıb və sənayedə uğurla tətbiq edilib.

Doğma vətəni Azərbaycanın zəngin təbii sərvətlərinin tədqiqi, onların kompleks şəkildə istifadə olunması Y.Məmmədəliyevin xoş amallarından biri idi. Bu baxımdan Naftalan neftinin tərkibi, təsir mexanizminin dərin araşdırılması, geniş müalicəvi əhəmiyyətinin təyin edilməsi üzrə alimin ilk dəfə apardığı işlər xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Misilsiz və əvəzsiz xidmətlərinə görə Y.Məmmədəliyev Azərbaycanın ilk kimyaçı akademiki, Azərbaycan Dövlət Universitetinin (ADU, indiki Bakı Dövlət Universiteti) rektoru, iki dəfə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının prezidenti olub. Bu illər

ərzində elmimizin inkişafı və milli mədəni dəyərlərimizin qorunması uğrunda yorulmadan çalışıb, onlarla elmi-tədqiqat institutu, yeni istiqamətli laboratoriya, kafedra və elm ocağının yaradılmasına nail olub.

Y.Məmmədaliyevin Azərbaycan elminin təşkili, dünya elminə integrasiyası sahəsində əvəzsiz xidmətləri olub. O, elmin təşkili ilə heç də elmlə az məşğul olmayıb. Y.Məmmədaliyev böyük nüfuza, fitri təşkilatçılıq qabiliyyətinə malik alim idi. O, 1945-ci ildə kimya elmləri sahəsində müstəsna xidmətlərinə görə bu sahədə ilk akademik seçilib. Y.Məmmədaliyevin istər akademiyanın, istərsə də bir çox müəssisələrin açılmasında, elmimizi ucaldan alimlərin hazırlanmasında misilsiz xidmətləri olub. Akademik Y.Məmmədaliyev neft kimyası, neft kimya sənayesi, neft emalı, polimer kimyası elmləri üzrə uğurlu kəşfləri ilə haqlı olaraq dünya şöhrəti qazanıb və gələcək nəsillər üçün zəngin irs qoyub. O, Azərbaycan kimyaçılarının iftixar mənbəyi olan "Yusif Məmmədaliyev məktəbi"ni yaradıb. Bu məktəbin nümayəndələri elmin yüksək zirvəsinə qalxaraq professor, elmlər doktoru, akademik kimi şərəfli adlara və elmi dərəcələrə layiq görülüb. Y.Məmmədaliyevin elmin inkişafı naminə gördüyü işlər bütün insanlığa xidmət edib. O, Azərbaycan Elmlər Akademiyasının (EA) iki dəfə (1947-1950-ci illər, 1958-ci ildən ömrünün sonuna kimi (1961) prezidenti seçilib. 1948-ci ildə Y.Məmmədaliyevin təşəbbüsü ilə respublikamızda siyası və elmi bilikləri yayan, sonradan "Bilik" adlandırılan cəmiyyət təşkil edilib. Alim 1951-1954-cü illərdə Azərbaycan EA-nın Fizika-kimya elmləri və neft bölməsinin akademik-katibi olub. Y.Məmmədaliyev 1952-ci ildən respublika Sülhü Müdafiə Komitəsi İdarə Heyətinin üzvü idi. Humanist amallı alim bu təşkilatda xeyli səmərəli fəaliyyət göstərüb. Sülhün carçısı kimi, atom və nüvə silahlarının təhlükəsini əvvəlcədən görərək, nüvə enerjisinin ancaq sülh məqsədləri üçün, bəşəriyyətin xeyrinə istifadə olunmasını tələb edib.

Y.Məmmədaliyev 1954-1958-ci illərdə ADU-nun rektoru olub. O, tədris və elmi-tədqiqat prosesində xeyli mütərəqqi dəyişikliklər həyata keçirib. Universitetin təzə tədris korpusunu və poliklinikasını, yeni-yeni kafedralar, problem laboratoriyaları təşkil edib. Dəqiq elmlər sahəsində son nailiyyətləri əhatə edən yeni tədris proqramları tərtib etdirib, universitetin Sovet İttifaqının və xarici ölkələrin məşhur ali məktəbləri ilə əlaqəsini möhkəmləndirib. Universitetdəki nümunəvi fəaliyyət dövlət tərəfindən yüksək qiymətləndirilərək bir sıra ordenlərə layiq görülüb.

Böyük ensiklopedik biliyə malik olan alimin yaradıcılığı təkcə kimyanın müxtəlif sahələrini deyil, kimya elminə yaxın olan elmləri də əhatə edib. O, müxtəlif sahələrin mütəxəssislərini heyran edəcək dərəcədə hərtərəfli məlumata malik idi. Akademik elmi problemlərin gələcəyini aydın görür, təşkilati məsələlərdə fitri istedad, bacarıq nümayiş etdirirdi. Y.Məmmədaliyevin təşəbbüsü ilə xalq kütlələri arasında elmi biliklərin yayılmasını və elmi yeniliklərin həyata tətbiqi məsələlərini əks etdirən "Elm və həyat" jurnalı təsis olunub.

Alimin təşəbbüsü və şəxsi iştirakı ilə bir sıra müəssisə və elm-təhsil ocaqları, o cümlədən Dərin Neft və Qaz Yataqlarının İşlənilməsi İnstitutu, Genetika və Seleksiya İnstitutu, Su Problemləri İnstitutu, Kliniki və Eksperimental Tibb İnstitutu, Şərqşünaslıq İnstitutu, Hesablama Mərkəzi, İqtisadiyyat İnstitutu yaradılıb. Azərbaycanda Astrofizika Rəsədxanasının təşkilində Yusif müəllim müstəsna rol oynayıb. Onun şəxsi nüfuzu və zəhməti bahasına Avropada ən böyük teleskop bu rəsədxanaya Almaniyadan gətirilib.

Nəinki kimya sahəsinin, hətta humanitar elmlərin, elm tarixinin mahir bilicisi olan akademik Y.Məmmədəliyev yüksək vətənpərvərlik hissi ilə Azərbaycanda hələ o dövrdə Əlyazmalar Fondunun yaradılması, Qobustan abidələrinin qorunub saxlanılmasına, qədim Azərbaycan eposu olan "Kitabi-Dədə Qorqud" dastanının, Qafqaz Albaniyasının tarixinin tədqiqinə, "Nizamişünaslıq" elminin əsasının qoyulmasına, Böyük Şərq şair və mütəfəkkiri Nizami Gəncəvinin Bakıda abidəsinin ucaldılmasına nail olub. Bununla yanaşı, alim o dövrdə Azərbaycan dilinin dövlət dili kimi qəbul olunması və geniş istifadə edilməsi üçün heç nədən çəkinməyərək bütün qüvvəsi ilə çalışıb və bu istiqamətdə müstəsna rolu olub.

ƏDƏBİYYAT

1. ANAS. (2021). Akademik Yusif Məmmədəliyevin 115 illiyinə həsr olunmuş materiallar toplusu. Bakı: AMEA nəşriyyatı
2. Babayev, C. (2020). "XX əsr Azərbaycan kimya məktəbinin formalaşması və inkişafı". Elmi əsərlər, 12(4), s. 55-63
3. Əliyev, H. (2001). Azərbaycan alimləri ensiklopediyası. Bakı: Azərbaycan Milli Ensiklopediyası nəşriyyatı
4. Əliyev, Y. M. (1980). Seçilmiş əsərlər. Bakı: Elm nəşriyyatı
5. Əliyeva, S. (2018). Azərbaycan kimya elminin baniləri. Bakı: Elm və təhsil
6. Məmmədov, R. (2010). "Akademik Yusif Məmmədəliyevin Azərbaycan elminin inkişafındakı rolu". Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Xəbərləri, 5(2), s. 34-42
7. Məmmədova, L. (2016). "Azərbaycan elminin korifeyləri: Yusif Məmmədəliyev". Naxçıvan Universiteti Elmi Xəbərləri, 3(1), s. 22-29
8. Qasımov, F. (2005). Yusif Məmmədəliyevin həyat və elmi fəaliyyəti. Bakı: Təhsil
9. Şükürov, Ə. (1999). Ordubad ziyalıları və onların irsi. Naxçıvan: Əcəmi

ÜMUMTƏHSİL MƏKTƏBLƏRİNDƏ BİOKİMYA ANLAYIŞLARININ RƏQƏMSAL VASİTƏLƏRLƏ TƏDRİSİ: ŞAĞİRD TƏFƏKKÜRÜNÜN VƏ RƏQƏMSAL BACARIQLARIN İNKİŞAFI

LAMIYƏ ƏZİMOVA

mrs.lamiya.azimova@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-6645-4998>

Naxçıvan Müəllimlər İnstitutu

XÜLASƏ

Müasir təhsilin əsas vəzifələrindən biri şagirdlərin təfəkkürünü və rəqəmsal bacarıqlarını kompleks şəkildə inkişaf etdirməkdir. Biologiya tədrisinin ən mürəkkəb hissələrindən olan biokimya mövzuları (metabolizm, fermentlər, DNA replikasiyası və s.) abstrakt xarakteri və görünməyən prosesləri ilə şagirdlərin anlamaqda çətinlik çəkdiyi sahələrdəndir. Bu məqalədə ümumtəhsil məktəblərində biokimya anlayışlarının rəqəmsal vasitələr (sxemlər, animasiyalar, virtual laboratoriyalar, interaktiv modellər) vasitəsilə necə tədris oluna biləcəyi, bu üsulun şagirdlərin tənqidi və elmi təfəkkürünə, həmçinin onların rəqəmsal bacarıqlarının formalaşmasına təsiri təhlil edilir. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, biokimya proseslərinin 3D modelləşdirilməsi və virtual təcrübələr şagirdlərin fəza təfəkkürünü inkişaf etdirir, məlumatların vizuallaşdırılması isə onların təhlil və sintéz bacarıqlarını gücləndirir.

Açar sözlər: rəqəmsal təhsil, biokimya tədrisi, şagird təfəkkürü, rəqəmsal bacarıqlar, virtual laboratoriyalar, 3d modelləşdirmə, molekulyar vizuallaşdırma, elmi təfəkkür, tənqidi təfəkkür, metabolizm

Biokimya-canlı orqanizmdə baş verən kimyəvi prosesləri öyrənən elmdir. Ümumtəhsil məktəblərində Biologiya fənni çərçivəsində öyrədilən biokimya mövzuları (oksigenli və oksigensiz nəfəs alımı, fotosintez, zülal sintezi və s.) şagirdlər üçün yüksək abstraksiya səviyyəsi tələb etdiyindən, ən çətin mənimsənilən mövzulardan biridir. Ənənəvi şifahi və kitab əsaslı tədris üsulları bu qədər mürəkkəb və dinamik prosesləri şagirdlərə tam çatdırmaqda çətinlik çəkir. Biokimya tədrisində rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi müasir təhsilin əsas tələblərindən biridir. Bu yanaşma tələbələrin molekulyar səviyyədə baş verən prosesləri daha yaxşı anlamasına və mürəkkəb anlayışları vizual olaraq qavramasına imkan yaradır. Virtual laboratoriyalar və interaktiv simulyasiyalar vasitəsilə şagirdlər təhlükəsiz şəraitdə təcrübələr aparır, biokimyəvi reaksiyaları müşahidə edir və nəticələri təhlil edirlər. Bu metodika təkcə nəzəri bilikləri dərinləşdirmir, həm də tələbələrin elmi təfəkkürünü və tədqiqat bacarıqlarını inkişaf etdirir. Rəqəmsal vasitələrin dərs prosesinə uğurla inteqrasiyası müəllimlər üçün də effektiv tədris imkanları yaradır, onlara fərdiləşdirilmiş yanaşma və davamlı qiymətləndirmə üçün geniş resurslar təqdim edir. Bir sıra problemlər rəqəmsal tədris vasitələri ilə aradan qaldırıla bilər. Aşağıda bir neçə problemlər və onun həll yollarını araşdırırıq

• **Problem:** Şagirdlər fermentativ reaksiyaları, energetik mübadilə yollarını və makromolekulların quruluşunu zehində canlandırma bilmir.

Rəqəmsal Həllər:

- **Molekulyar 3D Modellər:** Protein, DNA, ATP kimi molekulların interaktiv 3D modelləri (Protein Data Bank saytından istifadə etməklə).

- **Proses Animasiyaları:** Fotosintezin işıq və qaranlıq reaksiyalarının, Krebs dövrünün addım-addım animasiya şəklində təqdim edilməsi.

- **Virtual Laboratoriyalar:** Şagirdlərin təhlükəsiz şəraitdə qlükozanın miqdarını ölçə biləcəyi və ya ferment aktivliyinə təsir edən amilləri yoxlaya biləcəyi virtual təcrübələr.

Rəqəmsal alətlər təkcə vizual məlumat vermir, həm də təfəkkürün müxtəlif aspektlərini inkişaf etdirir:

- **Tənqidi Təfəkkür:** Müxtəlif onlayn mənbələrdə verilən biokimyəvi məlumatların (məsələn, vitaminlər və ya qidalar haqqında) həqiqiliyini yoxlamaq.

- **Elmi Təfəkkür:** Virtual təcrübələrin nəticələrini təhlil etmək, qrafiklər qurmaq və nəticə çıxarmaq.

- **Fəza Təfəkkürü:** Molekulların üçölçülü quruluşunu və onların bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəsini anlamaq.

Biokimya mövzularının rəqəmsal tədrisi zamanı şagirdlər aşağıdakı bacarıqları qazanır:

- **Məlumatları Vizuallaşdırmaq:** Mürəkkəb məlumatları diaqram, infoqrafika və ya qrafiklər şəklində təqdim etmək (qlükozanın parçalanma mərhələlərinin sxemi kimi).

- **Rəqəmsal Məzmun Yaradılması:** Öyrənilən biokimyəvi proseslərə aid qısa animasiyalar və ya təqdimatlar hazırlamaq.

- **Rəqəmsal Təhlil:** Məsələn, ferment reaksiyasının sürətinə temperaturun təsirini göstərən dinamik qrafiki oxumaq və şərh etmək.

9-11-ci sinif şagirdləri arasında aparılan pedaqoji eksperiment zamanı biokimya mövzuları nəzarət qrupunda ənənəvi üsulla, eksperimental qrupunda isə rəqəmsal vasitələr (PhET simulyasiyaları, 3D molekulyar modellər) ilə tədris edilmişdir. Nəticələr göstərdi ki, eksperimental qrupun şagirdləri:

- Mövzunu daha dərin mənimsəmiş (son testdə 25% yüksək nəticə);
- Mövzu ilə bağlı suallara daha ətraflı və ardıcıl cavab vermiş;
- Rəqəmsal layihə işlərini yerinə yetirməkdə daha uğurlu olmuşlar.

Biokimya, rəqəmsal tədris üsullarının tətbiqi üçün ən münbit sahələrdən biridir. Görünməyən prosesləri "görünən" etmək şagirdlərin anlamasını asanlaşdırır və onlarda elmi dünyagörüşünün formalaşmasına töhfə verir. Lakin bu, müəllimin rolunu azaldmır, əksinə, onu rəqəmsal mühitin təşkilatçısı və şagird fəaliyyətinin koordinatoru kimi daha mürəkkəb vəzifəyə yüksəldir. Burada müəllim bir çox proqramlardan istifadə edərək dərslərini daha əlverişli və effektiv hala gətirə bilər. DNA replikasiyasının tədrisi üçün LabXchange virtual laboratoriyasından istifadə edilə bilər. Bu vasitə şagirdlərə DNA polimeraz və helikaza fermentlərinin işini animasiya ilə müşahidə etmə, nükleotidlərin əlavə olunma ardıcılığını interaktiv şəkildə təkrarlama imkanı yaradır. Bu zaman təhlil etmə, vizual təfəkkür və ardıcılıq qurma kimi bacarıqlar inkişaf etdirilir. Fotosintezin mərhələlərinin öyrədilməsində PHET "Photosynthesis" simulyasiyası tətbiq oluna bilər. Şagirdlər işıq intensivliyi və CO₂ səviyyəsi kimi parametrləri dəyişdirərək bitki

məhsuldarlığına təsirini ölçür və qiymətləndirirlər. Bu üsul eksperimental dizayn, dəyişənlərin nəzarəti və elmi nəticələri şərh etmə bacarıqlarını inkişaf etdirir. Ferment reaksiyalarının kinetikasının öyrənilməsində Excel qrafikləri və virtual təcrübə məlumatları birləşdirilə bilər. Şagirdlər temperatur və pH dəyişikliyinə ferment sürətinə təsirini qrafik üzərində təhlil edirlər. Bu yanaşma məlumat emalı, qrafik oxuma və elmi çıxarış etmə bacarıqlarını gücləndirir. Zülalların üçölçülü quruluşunun tədrisi üçün Protein Data Bank və MolView kimi vasitələrdən istifadə oluna bilər. Şagirdlər hemoglobin molekulunun 3D modelini fırladaraq aktiv mərkəzləri müşahidə edə, fəza təfəkkürü və molekulyar qarşılıqlı təsirləri anlamaq bacarıqlarını inkişaf etdirə bilərlər.

Nəticə

Ümumtəhsil məktəblərində biokimya anlayışlarının rəqəmsal vasitələrlə tədrisi şagird təfəkkürünün inkişafı ilə rəqəmsal bacarıqların formalaşmasını uğurla birləşdirən effektiv yanaşmadır. Bu, təkcə biologiya təhsinin keyfiyyətini yüksəltmək üçün deyil, həm də gələcəyin informasiya cəmiyyəti üçün hazırlıqlı şəxsiyyətlərin yetişdirilməsi üçün zəruridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Berg, J. M., et al. (2015). Biokimya. Tərcümə nəşri
2. Dori, Y. J., & Barak, M. (2001). Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding. Educational Technology & Society
3. Milli Təhsil Nazirliyi. (2023). Ümumtəhsil məktəbləri üçün Biologiya fənni üzrə tədris proqramı

İNTELLEKTUAL İNFORMASIYA-ÖLÇMƏ SİSTEMİNİN TƏTBİQİ İLƏ MADDƏLƏRİN KEYFİYYƏT XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏYİNİ

LEYLA MAHMUDBƏYLİ

leyla.shakaralieva@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-6618-3443>

Bakı Biznes Universiteti

XÜLASƏ

Məqalədə tədqiq edilən maddələrin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin təyini üçün intellektual informasiya-ölçmə sisteminin və sistemin informasiya təminatının işlənilməsi prinsipi verilmişdir. Eyni zamanda maddələrin uyğun əlamətlərinin təyini üçün informativ parametrlər haqqında qərarların qəbul edilməsi, dominant sabilliyi pozan amillərin aşkarlanması, tədqiq olunan materialların parametrləri haqqında faydalı məlumatların toplanması, həmçinin bu parametrlər arasında mövcud olan funksional əlaqələrin müəyyən edilməsi üçün intellektual informasiya-ölçmə sisteminin (İİÖS) və onun informasiya təminatının yaradılması məsələləri nəzərdən keçirilmişdir.

Açar sözlər: maddə, fiziki, kimyəvi, xüsusiyyət, riyazi model, intellektual, ölçmə dəqiqliyi, sistem

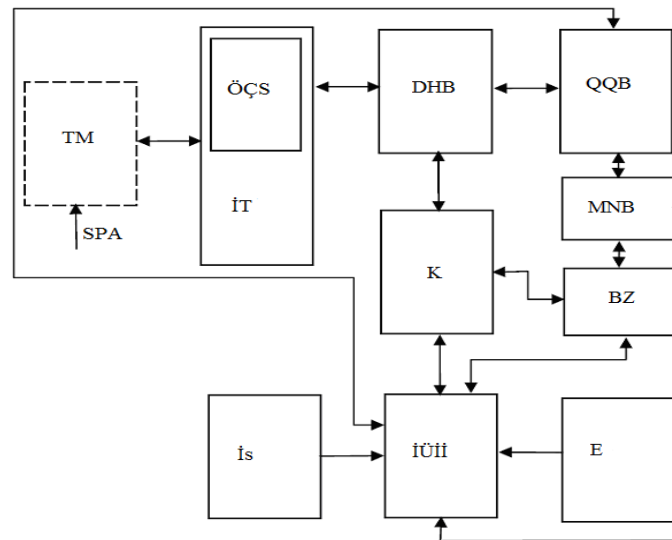
Giriş

Hal-hazırda texniki ədəbiyyatlarda informasiya-ölçmə sistemlərinin tətbiqinə daha çox diqqət ayrılır. Ölçmə prosesində tətbiq edilən üsulun düzgün seçilməsi bir çox təsiredici amillərin əvvəlcədən müəyyən edilməsini tam təmin etmir. Buna görə də qeyri-müəyyən şəraitdə, yəni bir çox amillərin dəqiq məlum olmadığı hallarda, daha məqsədəuyğun idarəetmə üsulunun seçilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu baxımdan, mürəkkəb və qeyri-müəyyən situasiyalarda optimal idarəetmə metodunun müəyyən edilməsi problemi aktuallaşır və belə hallar üçün daha rəşional həll mexanizminin işlənməsi zəruridir. İnformasiya-ölçmə sistemləri (İİÖS) tədqiq edilən obyektlər barədə geniş və səhih məlumatları toplamaqla qarşıya qoyulan məsələlərin səmərəli həllini həyata keçirməyə şərait yaradır (1, 2).

İİÖS-in layihələndirilməsində, əsasən tədqiq edilən maddə və materialların fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin təyini üçün müasir üsul və vasitələrin seçilməsi əsas götürülür.

İİÖS-in strukturu

İİÖS-nin strukturuna daxil olan əsas aparat vasitələri bunlardır: kompüter (K), intellektual tənzimləyici (İT), ölçmə vasitələrini və çeviriciləri sistemə kommutasiya edən blok (KB), daşınabilən hesablama bloku (DHB). Təklif olunan İİÖS-in struktur sxemi şəkil 1-də təqdim edilmişdir.



Şəkil 1. İİÖS-in struktur sxemi

Burada: TO – tədqiqat obyekti; İT – intellektual tənzimləyici; ÖÇS – ölçü çeviriciləri sistemi; DHB – daşınabilən hesablama bloku; QQB – qərarlar qəbul etmə bloku; K – kompüter; MNB – məntiqi nəticə blokunu; BB – biliklər bazası; İÜİ – intellektual ünsiyyət interfeysini; İS – istifadəçi; E – ekspert.

Burada həm də İİÖS-in riyazi modellərinə, qeyri-müəyyənlik şəraitində sistemin fəaliyyəti vaxtı qərarların qəbul olunmasına, həmçinin biliklərin təqdim edilməsi modellərinə baxılmışdır (3).

İİÖS-in fəaliyyət prinsipi

İİÖS-in proqram təminatının köməyi ilə verilmiş düsturlar və yaxınlaşma asılılıqlarına görə ölçmə nəticələrinin riyazi emalı, sistemdə qərarların qəbul edilməsinin intellektual proseduru, biliklər bazasının formalaşdırılması və istifadəsi, ölçmə nəticələrinin proqnozlaşdırılması məsələlərinin həlli, ölçmə qiymətlərinin və ölçmə əməliyyatlarının idarə edilməsinin identifikasiyası həyata keçirilir.

İİÖS-ə daxil olan parametrlərin və proqnozlaşdırılan göstəricilərin operativliyi, dəqiqliyi və etibarlılığının müəyyən edilməsinə icazə verilir.

İİÖS tam ölçüdə müxtəlif nəzarət üsullarından, ölçmə prosesinin rejim parametrlərinin optimallaşdırılmasından, ekspertlərdən və istifadəçilərdən alınan informasiyadan, qeyri-müəyyənlik şəraitində qərarın qəbul edilməsi üsullarından, həmçinin biliklər bazasında olan informasiyadan istifadə edir (4).

İntellektual sistemdə istifadəçi intellektual interfeysi tətbiq edilir. İnterfeys bilik bazasından lazımlı informasiyanın (aşkar formada verilməmiş ola bilər) alınmasını həyata keçirir, BZ-da saxlanılanları verilənlər və biliklər bazasından çıxarılmasına icazə verir.

Sistemin planlaşdırılması zamanı baxılan predmet sahələri üçün dominant sabilliyi pozan amillər nəzərə alınmalıdır. Konkret predmet sahəsində SPA haqqında uyğun olan informasiya, parametrlərinin təyin edilən yaxınlaşma asılılıqları, həmçinin SPA haqqında informasiya MX-yə nəzarət zamanı ölçü prosesində cari informasiya əsasında daxil edilməlidir. Uyğunlaşan ölçmələrdən fərqli olaraq, ölçmə prosesinin parametrləri dəyişdildə, intellektual ölçmələr aralıq ölçmələrdən istifadəni və onun icrası prosesində ölçmə alqoritminin formalaşması üçün köməkçi ölçmə nəticələrini tələb edir

Nəticə

İİÖS tədqiq edilən maddə və materialların fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinin, eləcə də rejim parametrlərinin təyini haqqda qərarların qəbul edilməsi, ölçmələr nəticəsində struktur-parametrik uyğunlaşması, eyni zamanda dominant stabilliyi pozan amillərin təsiri vaxtı ölçmə nəticələrinin avtomatik korreksiyası, tədqiq edilən maddələrin keyfiyyət göstəricilərinin təyini üçün intellektual informasiya sistemi, qərarların qəbulu, informasiyanın təsvirini və formallaşdırılması üçün ümumiləşdirilmiş ölçmələrin aparılması vaxtı sistemin etibarlılığının və keyfiyyətinin qiymətləndirilməsini həyata keçirməyə imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Зайцев, О.В., Синько, С.Н., Троицкий Ю.В. Метрологические особенности систем сбора информации с температурных датчиков на базе микроконтроллеров ADuC8xx // Схемотехника, 2005, № 9
2. Раннев, Г.Г. Интеллектуальные средства измерений. - М.: Издательский центр «Академия», 2011, 272 с.
3. Селиванова, З.М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов. -М.: Изд-во Машиностроение, 2006, 184 с.
4. İsayev, M.M., Xasayeva, N.M., Mahmudbeyli, L.S. Investigation of measurement uncertainty with combination tests / 1st International Scientific-Practical Conference on Modern Information, Measurement and Control Systems: Problems and Perspectives. Baku, 2019, pp.152-153

NEFTDƏKİ LAY SUYUNUN MİQDARININ TƏYİNİ METODU VƏ ÖLÇMƏ QURĞUSUNUN HAZIRLANMASI

LEYLA MAHMUDBƏYLİ

leyla.shakaraliyeva@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-6618-3443>

Bakı Biznes Universiteti

XÜLASƏ

Neft mədənlərindən çıxarılan maye qarışığının ilkin hazırlanması mərhələsində neftin ayrılması səmərəliliyinin artırılması məqsədilə onun tərkibindəki lay sularının miqdarının təyini üçün yeni üsul və qurğu təklif edilmişdir. Qarışıqdakı əmtəə neftinin və lay sularının ayrı-ayrı miqdarlarını təyin etmək üçün analitik ifadə alınmış, həmçinin ölçmə dəqiqliyini yüksəltmək üçün təkmilləşdirilmiş qurğu işlənilib hazırlanmışdır.

Açar sözlər: *neft, qarışıq, lay suyu, ayırma, hidrostatik təzyiq, ölçmə*

Giriş

Neft quyularından çıxarılan maye qarışığının ilkin hazırlanması mərhələsində neftin lay sularından ayrılması və əmtəə neftinin miqdarının təyini üçün müxtəlif üsul və qurğular mövcud olsa da, ayrılma prosesinin səmərəliliyi hələ də həll olunmamış problem olaraq qalır. Ayrılma prosesini səmərəli idarə etmək üçün bütün mərhələlərdə maye qarışığının tərkibinə operativ nəzarət və miqdarının dəqiq təyini əsas şərtlərdən biridir (2).

Hazırda, neft hasilatı müəssisələrində istifadə olunan qurğuların cəldlik və ölçmə dəqiqliyi, eyni zamanda istifadə olunan texnologiyaların səviyyəsi qeyri-qənaətbəxşdir. Bu səbəbdən, lay mayesindən ayrılan əmtəə neftinin, mədən sularının və aralıq emulsiyanın miqdarına yüksək dəqiqliklə nəzarət etmək mümkün olmur. Nəticədə, texniki-iqtisadi göstəricilər aşağı düşür. Xüsusilə, aralıq emulsiyanın orta sıxlığının dinamik dəyişməsi ölçmə prosesində əlavə qeyri-dəqiqlik yaradır və bu da ölçmə xətasını artırır (2-6).

Göründüyü kimi baxılan bütün hallarda seperatordakı maye qarışığının bircinsli olmaması və prosesin dinamik dəyişən, eyni zamanda ayrılma və çökmə proseslərinin qeyri-müntəzəm və qeyri-müəyyən olması səbəblərindən məlum ölçmə üsul və vasitələrinin tətbiqindən alınmış nəticələr qənaətbəxş olmur. Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq üçün neft mədənlərindən hasil olunan maye qarışığının ilkin hazırlığı mərhələsində onların tərkibindəki əmtəə neftinin lay sularından ayrılması prosesinin səmərəliliyini yüksəltmək məqsədilə yeni nəzarət-ölçmə üsulu və sisteminin işlənilməsi məsələsinə baxılmışdır (3, 4).

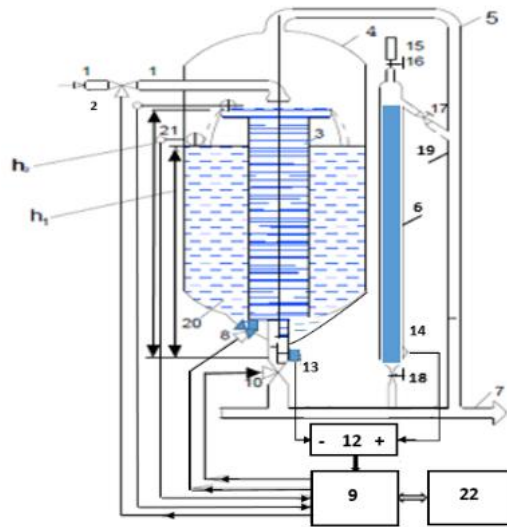
Məsələnin qoyuluşu

Göründüyü kimi real istismar şəraitində daha operativ və dəqiq ölçmə-ayırma qurğusunun (seperatorun) işlənilməsinə və tətbiqinə böyük ehtiyac vardır. Odur ki, məqalədə qarşıya qoyulmuş əsas məqsəd maye qarışıqlarının separatorun dibində yaratdıqları hidrostatik təzyiqlər fərqlərinin testləşdirilmiş alqoritmlər əsasında SMART vericilərlə ölçmək və ölçmə dəqiqliyinin yüksəldilməsinə nail olmaqdan ibarətdir (1, 4, 8). Bunun üçün maye qarışığının tərkibinin analitik təyini həyata keçirilməli, əldə olunan

qiymətlərdən sonrakı mərhələlərdə, ayrılmanın operativliyinin və dəqiqliyinin yüksəldilməsində səmərəli istifadə etmək lazımdır. Deyilənlər avtomatlaşdırılmış nəzarət-ölçmə və idarəetmə sisteminin və onun testləşdirilmiş alqoritminin işlənilməsi, real seperator qurğusuna tətbiqi ilə tamamlanmalıdır.

Məsələnin həlli

Maye qarışığının (MQ) miqdarının pyezometrik ölçmə üsulu ilə təyin edən zaman sıxlıq və temperaturun ölçülməsinə ehtiyac qalmır. Odur ki, diferensial təzyiq vericisi əsasında hidrostatik təzyiqlərin ölçülməsi ilə avtomatlaşdırılmış nəzarət-ölçmə və idarəetmə sistemi (ANÖİS) işlənilmişdir (şəkil 1).



Şəkil 1. Neftin debitinin ölçülməsi üçün ANÖİS

Qurğunun strukturu və iş prinsipi belədir: Neft quyularından çıxarılan maye qarışığı axın boruları vasitəsilə qrupla ölçmə qurğusuna (QÖQ) toplanaraq quyuların məhsuldarlığı ölçülür. Bundan sonra ilkin ayırma qurğusuna (İAQ) - seperatora ötürülür və çökmə üsulu ilə neftdən su ayrılır. Çökmə (ayırma) müddətinin düzgün təyini böyük əhəmiyyət kəsb edir və neftin sudan ayrılması prosesinin səmərəli idarə olunmasında əvəzsiz rol oynayır. Bu göstərici əsasən tutumun ölçülərindən və ona doldurulan qarışığın kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərindən asılı olur.

Debiti yüksək dəqiqliklə ölçmək üçün xüsusi antifriz doldurulmuş 6 şaquli borudakı sabit səviyyəli antifrizin 14 nöqtəsində və 3 ölçmə tutumu (ÖT) tam dolana kimi onda qərarlaşan maye qarışığının 13 nöqtəsində yaratdığı hidrostatik təzyiqlərin fərqi 12 diferensial təzyiq vericisi (DTV) vasitəsilə yüksək dəqiqliklə ölçülür. Ölçmə başa çatdıqda 3 ölçmə tutumundakı məlum maye miqdarı 4 seperatorunun 20 ayırma tutumuna boşaldılır və proses h_1 və h_2 səviyyələri bərabrləşənə kimi davam edir. Hər iki 3 və 20 tutumlarında maye səviyyələrinin bərabrləşməsi üzgəcli siqnallaşdırıcı 21 vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Kiçik ölçmə diapazonuna və yüksək həssaslığa malik DTV 12 testləşdirilmiş ölçmə əməliyyatları nəticəsində yüksək ölçmə dəqiqliyini təmin edir və 3 ÖT-də qərarlaşan maye miqdarı yüksək dəqiqliklə təyin edilir. Belə ki, xüsusi antifrizlə doldurulmuş 6 şaquli borudakı (ŞB) sabit səviyyəli antifrizin və 3 ÖT-də qərarlaşan maye qarışığının (MQ) hidrostatik təzyiqlər fərqi DTV 12 -də ölçülərək nəticə 9 mikrokontroller vasitəsilə 22

elektron hesablama maşınına (EHM) ötürülərək MQ-nin miqdarı aşağıdakı ardıcılıqla təyin olunur:

1) Təzyiqlər fərqi ölçülür:

$$\Delta p = (\rho_a - \rho_{nm}) g h_2; \quad (1)$$

burada ρ_a və ρ_{nm} – uyğun olaraq antifrizin (sıxlığı məlumdur) və maye qarışığının sıxlıqlarıdır.

2) MQ-nin sıxlığı təyin edilir:

$$\rho_{nm} = \alpha \rho_s + (1 - \alpha) \rho_n; \quad (2)$$

burada ρ_n və ρ_s – uyğun olaraq maye qarışığındakı neftin və suyun sıxlıqları, α – MQ-nin tərkibindəki suyun nisbətini (payını) əks etdirən ədəddir.

Və ya (7) ifadəsindən

$$\rho_{nm} = \rho_a - \frac{\Delta p}{g h_2}; \quad (3)$$

3) Təzyiqlər fərqi üçün aşağıdakı düsturu alırıq:

$$1. \Delta p = [\rho_a - (\alpha \rho_s + (1 - \alpha) \rho_n)] g h_2. \quad (4)$$

4) 4 separatorunda qərarlaşan MQ-nin miqdarı aşağıdakı kimi təyin edilir:

ÖT 3-ə MQ-nin dolması prosesi $h_1 = h_2$ vəziyyətində başa çatmış hesab edilir, 13 və 14 nöqtələrində təzyiqlər fərqi ölçülür, DTV-nin çıxış signalının qiymətinə görə MQ-nin miqdarı EHM-də təyin olunur. Bu zaman proses elə tənzimlənir ki, ÖT 3 -dən MQ-nin daşb tökülməsi baş vermir, ÖT 3-ündaxili və xarici divarları MQ ilə əhatə olunduğundan yan divarlar deformasiyaya məruz qalmır və ÖT 3 etalon tutum rolunu oynayır.

Göründüyü kimi təklif olunan üsul və sistemin birgə istismarı nəticəsində neft quyularının debiti və MQ-nin tərkibindəki suyun miqdarı (α) təyin olunur. Uyğun çevirmə aparmaqla neftlə qarışıq mayenin tərkibindəki suyun nisbi miqdar payını təyin etmək üçün aşağıdakı analitik ifadəni almış oluruq

$$\alpha = \frac{\rho_a - \rho_n - \frac{\Delta p}{g h_2}}{\rho_s - \rho_n}. \quad (5)$$

(5) düsturundan göründüyü kimi əsas nəzarət parametrləri mayelərin yaratdıqları təzyiqlər fərqi (Δp), onların sıxlıqları (ρ_a , ρ_n , ρ_s) və h_2 hündürlüyü olduğu üçün prosesin gedişi zamanı qarışıq mayenin tərkibindəki suyun və neftin miqdarını hesablamaq mümkün olur. Alınmış qiymətlər arasındakı nisbətə uyğun olaraq ayırma prosesinin müddəti müəyyən olunur, separatorun dolması və boşaldılması prosesləri tənzimlənir.

Neft quyularının debitini təyin etmək üçün aşağıdakı ifadə alınır.

$$Q_n = \frac{24V}{\tau} \left(1 - \frac{\rho_a - \rho_n - \frac{\Delta p}{g h_2}}{\rho_s - \rho_n} \right) \rho_n g, \quad (6)$$

Şəkil 1-də verilmiş ANÖİS iş prinsipi aşağıdakı kimi həyata keçirilir:

Sistemin fəaliyyət alqoritmi EHM 22-yə yüklənir və fəaliyyət alqoritmi əsasında neft quyularından daxil olan MQ kollektor 1-dən elektron ventil (EV) 2 açılmaqla ÖT 3-ə dolur və dolmaya sərf olunan vaxt qeyd olunur. Dolma başa çatdıqda EV 2 bağlanır və qərarlaşan MQ-nin hidrostatik təzyiqi DTV 12 ilə ölçülür. Ölçülən maye miqdarı EV 8 vasitəsi ilə 20 tutumuna boşaldılır və bağlanır. Yenidən EV 2 açılaraq ÖT 3-ə MQ dolur və proses dövrü olaraq $h_1 = h_2$ vəziyyətinə kimi davam edir.

Hər dəfə ÖT 3-də qərarlaşan MQ-nin hidrostatik təzyiqi DTV 12 vasitəsi ilə ölçülərək onun kütləsi aşağıdakı düsturla təyin edilir [1-4, 8].

$$M_{\text{ÖT}} = \frac{1}{g} \cdot p_{\text{ÖT}} \cdot F_{\text{ÖT}}, \quad (7)$$

burada $F_{\text{ÖT}}$ və $p_{\text{ÖT}}$ – uyğun olaraq ÖT-nin orta en kəsik sahəsi və maye qarışığının ÖT-nin dibində yaratdığı hidrostatik təzyiqdir.

$M_{\text{ÖT}}$ –nin tərkibində olan suyun və neftin miqdarı yuxarıda verilmiş analoji hesablamayla həyata keçirilir.

Seperatorun dolması başa çatdıqdan sonra ($h_1 = h_2$ vəziyyətində) EV 10 açılır və MQ separatorun hər iki tutumundan kollektor 7 vasitəsi ilə ayırma qurğusuna boşaldılır.

Seperatorun hər iki tutumu (3 və 20) tam boşaldıqdan sonra yenidən EV 2 açılır və kollektor 1-dən maye qarışığı ÖT 3-ə dolmağa başlayır və beləliklə növbəti prosesi başlayır (proses dövrü olaraq təkrarlanır). Qeyd etmək lazımdır ki, bütün prosesə nəzarət DTV 12-nin çıxış signalının qiymətinə görə nəzarətlə həyata keçirilir.

Dövrələrin sayına uyğun olaraq quyuların ümumi debiti, MQ-nin tərkibindəki suyun və əmtəə neftinin miqdarı ayrı-ayrılıqda təyin edilmiş olur.

Beləliklə, alınmış analitik düsturların və ANÖİQ-nin köməyi ilə neft hasilatına və ayırma prosesinin əvvəlcədən qiymətləndirilməsi məlum olur və MQ-da suyun maksimum çökməsinin zamanı dəqiqləşir, avtomatlaşdırılmış nəzarət-ölçmə və idarəetmə həyata keçirilir. Bütün ölçmə proseslərində sistemin metroloji xarakteristikasının yaxşılaşdırılması məqsədi ilə DTV-nin çevirmə xarakteristikasının qeyri-xəttiliyi identifikasiya olunur, ölçmə xətası avtomatik olaraq test signallarının dəqiqliyinə yaxınlaşdırılaraq dəfələrlə azaldılır, eyni zamanda vericilərin fasiləsiz avtomatlaşdırılmış kalibrovkası həyata keçirilir [1, 3, 6, 8].

Nəticə

Neft quyularından çıxarılan neftin ilkin hazırlanması mərhələsində onun miqdarının, tərkibindəki lay sularının və əmtəə neftinin miqdarının operativ təyini üçün analitik hesablama düsturları əldə edilmişdir. Maye qarışığının ayırma prosesinin səmərəliliyini yüksəltmək məqsədilə, qarışığın tərkibindəki neftin və lay sularının miqdarının ayrı-ayrılıqda dəqiq təyini üçün avtomatlaşdırılmış, yüksək metroloji təminatlı nəzarət-ölçmə və idarəetmə sistemi işlənib hazırlanmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. İsayev, M.M. Development of a universal automatic system and algorithm for calibrating oil tanks//Measurement Techniques, Vol. 59, No. 6, 2016, pp. 623-627
2. İsayev, M.M. Ölçmə sistemlərinin dəqiqliyinin yüksəldilməsinin alqoritmik-test üsulları. Bakı, Elm, 2018. 206 s.
3. İsayev, M.M., Nəzərov, R.B. Uçot qovşağında xam neftin tərkibində olan qarışıq maddələrin təyini alqoritmi // Известия НАН Азербайджана. Серия физико-математических и технических наук, Том. XXXII, №3, 2012, с.148-154
4. Rzayev, Ab.H., İsayev, M.M. Neftin ayrılması prosesinin nəzarət-ölçmə və idarəetmə sisteminin işlənilməsi// Azərbaycan Milli Elmlər akademiyasının Xəbərləri. Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası. Cild XXXVII, №6, 2018, с.53-57
5. Алиев, Т.А., Рзаев, Аб.Г., Гулиев, Г.А., Исаев, М.М., Бабаев, С.Ф. Способ и система автоматического регулирования уровня раздела фаз нефти и воды. Евразийский патент, № 027715 В1, заявка №201600039, дата выдачи патента: 31.08.2017
6. Губайдулин, Ф.Р. и др. Методы стабилизации работы установок подготовки нефти // Нефтяное хозяйство, 2003, №2, с. 66-68
7. Мирский, В.И. Система измерения количества и качества нефти с улучшенными показателями точности и надежности: Дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 2006, 175 с.
8. Несговоров, А.М., Фролов Ю.А., Муфтахова В.Н., Буланов А.И. Контроль количества и качества нефтепродуктов / Под ред. В.Ф. Новоселова. - М.: Недра, 1994. 149 с.

KARBOKSİL FUNKSIONAL QURUPLU İONİTİN STRUKTURLARININ İQS METODU İLƏ ÖYRƏNİLMƏSİ

MAHNUR CƏFƏRLİ ¹

mahnurceferli@ndu.edu.az

NƏRMIN ŞAHGƏLDİYEVƏ ²

nermin.shahgeldi@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-6894-0136>

<https://orcid.org/0009-0001-9715-2144>

^{1,2}Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu araşdırmada infraqırmızı (İQ) spektral məlumatlardan istifadə etməklə ionların karboksil funksional qruplu Amberlite MAC-3 (-COOH) tipli ioniti ilə sorbsiya mexanizmi hərtərəfli şəkildə tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın əsas məqsədi ion–sorbent qarşılıqlı təsirinin xarakterini, sorbent strukturunda baş verən kimyəvi və fiziki dəyişiklikləri, həmçinin sorbsiya prosesinin molekulyar səviyyədə xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək olmuşdur. Bu məqsədlə sorbentin ilkin struktur quruluşu təhlil edilmiş, metal ionları ilə təmasdan sonra funksional qruplarda müşahidə olunan dəyişikliklər İQ spektral metodunun imkanları ilə müqayisəli şəkildə araşdırılmışdır. Aparılmış İQ spektral təhlillər göstərmişdir ki, ağır metal ionlarının ionitlə qarşılıqlı təsirə girməsi nəticəsində xüsusilə karboksil (-COOH) qruplarına aid olan əsas vibrasiya zolaqlarının tezliklərində əhəmiyyətli dərəcədə sürüşmələr baş verir. Bu tezlik dəyişikliyi ionların karboksil qrupları ilə kompleksləşmə reaksiyasına daxil olduğunu, yəni sorbsiya prosesinin sadəcə fiziki udulma ilə məhdudlaşmadığını, funksional qruplar vasitəsilə kimyəvi bağların və ya möhkəmləndirilmiş elektrostatik qarşılıqlı təsirlərin formalaşdığını göstərir. Tezliklərin piklərində müşahidə olunan bu dəyişikliklər sorbent səthində yeni koordinasiya mühitinin yarandığını, metal ionlarının elektron sıxlığını dəyişdirdiyini və karboksil qruplarının protonlaşma dərəcəsinə təsir etdiyini deməyə imkan verir. Spektral dəyişikliklərin təhlili sorbsiya mexanizminin müxtəlif mərhələlərinin differensiasiyasına, yəni ionun sorbentə yaxınlaşması, funksional qrupla ilkin elektrostatik münasibət, kompleks bağların formalaşması və stabilləşməsi kimi mərhələlərin elmi baxımdan izahına şərait yaratmışdır. Beləliklə, İQ spektral metod həm sorbsiya prosesində iştirak edən funksional qrupların təbiətinin, həm də ion–sorbent qarşılıqlı təsirinin kimyəvi mexanizminin müəyyənləşdirilməsində əsas analitik vasitə kimi çıxış etmişdir. Əldə edilən spektral nəticələrin dəqiqliyini təmin etmək məqsədilə tədqiqatda nümunələrin KBr ilə qarışdırılaraq həb formasında hazırlanması üsulundan istifadə edilmişdir. Bu metod optik şəffaflığı artırmış, vibrasiya zolaqlarının selektiv və aydın qeydə alınmasına şərait yaratmışdır. Metal ionları ilə işlənmiş ionitlərin həm ilkin, həm də sorbsiyadan sonrakı İQ spektrləri Nicolet IR-10 markalı spektrometrdə yüksək həssaslıqla qeydə alınmış və əldə olunan məlumatların müqayisəli analizi aparılmışdır. Bu yanaşma sorbsiya prosesinin molekulyar mexanizminin elmi əsaslarla təsdiqlənməsinə imkan vermişdir.

Açar sözlər: İQ metodu, ionitlər, udulma zolaqları, funksional qruplar, sorbsiya, molekulun fragmentləri, ağır metallar

Giriş

Son dövrlərdə əldə edilmiş ədəbiyyat məlumatları göstərir ki, yüksək seçicilik göstərən son nəsil xelatlayıcı ionitlərə maraq sürətlə artmaqdadır. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlarda

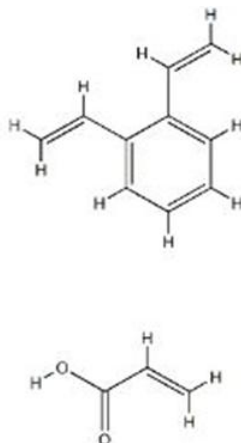
instrumental analitik metodların tətbiqi (İQ - spektroskopiya, mikrokalorimetriya və s.) sorbsion mexanizmlərin daha dəqiq və əhatəli şəkildə aydınlaşdırılmasına imkan yaratmışdır.

İnfraqırmızı spektroskopiya (IR spektroskopiyası) maddələrin infraqırmızı şüalarla qarşılıqlı təsirini öyrənən bir üsuldur. Spektroskopik üsulların əsas məqsədi üzvi qatranın quruluşu haqqında məlumat əldə etməkdir. Sorbsiya prosesi zamanı yaranan bağların təbiətini aydınlaşdırmaq üçün nümunələrin KBr ilə qarışdırılmış pelletləri hazırlanmış və metal ionları ilə işlənmiş ionitlərin IR spektrləri Nicolette IR-10 spektrometriyasında təhlil edilmişdir (Szymanski, 1970, p.1490).

Təhlillər $4000\text{--}400\text{ sm}^{-1}$ dalğa ədədi aralığında və 4 sm^{-1} spektral ayırdetmə qabiliyyəti ilə, almaz kristallı IS-10 spektrometriyası vasitəsilə aparılmışdır. Spektrlər nümunələrin səthindən, otaq temperaturunda birbaşa qeydə alınmışdır.

Müzakirələrin nəticələri

Öyrəndiyimiz ionitin tərkibində karboksil qrupları saxladığılarından, bu qruplara daxil olan ionitin ümumi spektroskopik özəlliklərinə nəzər salaq. Kataloq məlumatlarına əsasən ionitin qısa xarakteristikası belədir (Chromatography. Supelco, Sigma-Aldrich ChemieGmbH. Germany, 2003-2004, p 453): Amberlite MAC 3 (Polyacrylic Resin) karboksil funksional qruplu, zəif turşu xassəli, H^+ -formalı, quru halda dəyişmə tutumu 3.8 mekv / mL olan macroporous quruluşlu kationitdir. Qətran karboksilik turşu funksional qruplarını ehtiva edən poliakril-divinilbenzol matrisinə əsaslanır. Amberlite MAC 3 –ün kimyəvi quruluşu şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Amberlite MAC 3 –ün kimyəvi quruluşu.

Amberlite MAC 3 ionitindəki dəyişdirilə bilən kation hidrogen ionudur. Turş mühitlərdə (ümumiyyətlə pH 4-14-ə qədər) Amberlite İRP64 ioniti əsasən ionu olmayan bir halda sərbəst turşu kimi mövcuddur (Hakomoto, 1991, c. 536).

Amberlite MAC 3 –ün Cu (II) və Pb (II) ionlarının sorbsiyasından əvvəl və sonra alınmış IR spektrləri Şəkil 2-də göstərilmişdir. Sink və kadmiyum ionlarının boş orbitalarının olmaması səbəbindən, onların kompleksləri IR spektrlərində aşkar edilmir. Spektrlər ion mübadilə qatranı ilə Cu^{2+} və ya Pb^{2+} arasında koordinasiya komplekslərinin əmələ gəldiyini göstərir. Bu, metal ionlarının ehtimal ki, xelatlaşdırma və ya koordinasiya qarşılıqlı təsirləri vasitəsilə bu qruplar tərəfindən bağlandığını təsdiqləyir.

K. Nakamoto'ya görə, Me-N bağlarının valent titrəşmələri (Zn-N və Pb-N) təxminən $400\text{--}420\text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunmalıdır. İstifadə etdiyimiz Nicolet IS-10 IR spektrometri 500

sm^{-1} -dən aşağı udma bantlarını qeydə almadığından, həmin bölgələrdə baş verən proseslər barədə təxmin yürütmək mümkün deyil. $500\text{--}1020\text{ sm}^{-1}$ bölgəsində udma bantlarının intensivliyində dəyişiklik polimer zəncirinin komplekslərin əmələ gəlməsi zamanı konformasiyasının dəyişməsi ilə əlaqədar ola bilər.

Karboksil kationitlərin İQ-spektrlərində karboksil qruplarının C=O rabitələrinə məxsus $1720\text{--}1660\text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunan udulma zolaqları xarakterikdir. İonitlər turşu formasında olduqda C-O rabitələrinin valent rəqslərinə aid $1280\text{--}1250\text{ sm}^{-1}$ -də çox qüvvətli udulma zolağı müşahidə olunur. Bu rəqslər həmçinin $980\text{--}950\text{ sm}^{-1}$ -də qeyd olunan OH -qruplarının müstəvi üzərində və müstəvidən kənar valent rəqslərinə də aiddir. $2700\text{--}2500\text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunan kifayət qədər geniş zolaq OH dimerləri vasitəsilə fərqli gücə malik hidrogen rabitələrinin olduğunu göstərir. Alifatik monomerlərdən istifadə olunmaqla sintez edilmiş karboksil tipli ionitlərdə $795\text{--}790$ və $710\text{--}700\text{ sm}^{-1}$ -də aromatik tikici halqanı xarakterizə edən piklər müşahidə olunur. Karboksil kationitlərin İQ-spektrlərindəki dəyişikliklər belə kationitlərlə bir sıra keçid metal ionlarının koordinasiya mexanizmi üzrə sorbsiyasının mümkünlüyünü göstərir. Metal ionlarını sorbsiya etmiş karboksil kationitlərin elektron spektrləri də polimerin ionogen qruplarının metalın daxili sferasına nüfuz etdiyini qəti şəkildə təsdiqləyir.

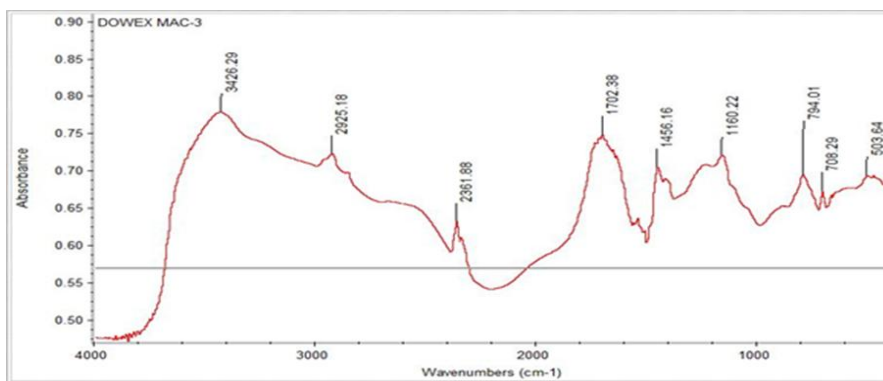
Amberlite MAC 3: $4000\text{--}500\text{ sm}^{-1}$ aralığında çəkilmiş spektrdə $503,64$; $708,29$; $794,01$; $1160,22$; $1456,16$; $1702,38$; $2361,88$; $2925,18$ və $3426,29\text{ sm}^{-1}$ -də aydın ifadə olunan piklər müşahidə olunur. Amberlite MAC 3 üçüncü karboksil qrupları olduğundan spektrlərdə bu qrupların identifikasiyasına üstünlük veriləcəkdir. H^+ formalı karboksil kationitlərin xarakterik xüsusiyyəti onların spektrində qüvvətli, aydın ifadə olunan karboksil qruplarının C=O udulma oblastına uyğun $1720\text{--}1660\text{ sm}^{-1}$ -də zolaqlar müşahidə olunur. Karboksil qrupundakı ($-\text{COOH}$) C=O rabitəsinin valent rəqslərini ($1702,36\text{ sm}^{-1}$) xarakterizə edir. Maraqlıdır ki, Amberlite MAC 3 -də bu zolağın maksimumu $1702,36\text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunur. Amberlite MAC 3 ionitində $2925,18$ və $3426,29\text{ sm}^{-1}$ oblastlarında müşahidə olunan udulma zolaqları su molekullarının və karboksil qruplarının OH – qruplarının valent rəqslərini xarakterizə edirlər. $503,64$; $708,29$; $794,01\text{ sm}^{-1}$ udulma zolaqları metilen $-\text{CH}_2-$ qruplarının kəfkar rəqslərini, $1160,22\text{ sm}^{-1}$ həmin qrupların yelpikvari deformasiya rəqslərini, $1456,16\text{ sm}^{-1}$ metil və metilen qruplarının C-H rabitələrinin deformasiya rəqslərini ifadə edirlər. Karboksil kationitlər turşu formasından duz formasına keçirilərkən – COOH qruplarının ionlaşması hesabına karbonil qruplarına məxsus $1720\text{--}1660\text{ sm}^{-1}$ oblastındakı udulma zolaqları itir, ionlaşmış $-\text{COO}^-$ qruplarının hesabına $1570\text{--}1550$ və 1400 sm^{-1} oblastında yeni udulma zolaqları yaranır (Jafarlı, İmanov., 2023, p.5).

$1702,38\text{ sm}^{-1}$ oblastında aydın müşahidə olunan udulma zolağı Pb^{2+} -ionu ilə sorbsiyadan sonra tamamilə itərək, qismən zəif intensivlikli xeyli sayda udulma zolaqlarına parçalanırlar. Amberlite MAC Amberlite- Pb^{2+} sistemində zolağın $1160,22\text{ sm}^{-1}$ -ə sürüşməsi və intensivliyin qismən zəifləməsi müşahidə olunur.

İşlənmemiş Amberlite MAC 3 ionitə məxsus $1456,16$ və $1702,38\text{ sm}^{-1}$ udulma zolaqları qeyd edilən ionlarla işlədikdən sonra ya tamamilə itirlər, ya da xeyli dərəcədə yerlərini dəyişirlər. İonitin Pb^{2+} ionu ilə sorbsiyadan sonra çəkilmiş İQ-spektrində $1254,96$; $1414,55$ və $1452,60\text{ sm}^{-1}$ -də son dərəcə zəif, güclə hiss olunan udulma zolaqları müşahidə olunur. Bu ionitlə metal ionları arasında koordinasiya rabitə yalnız oksigeninin sərbəst elektronları hesabına gerçəkləşə biləcəyindən, bu oblastlara xüsusi diqqət yetirilmişdir. Spektrlərin

müqayisəsinə və $400-600\text{ sm}^{-1}$ intervalında karboksil qruplarının yerinə deprotonlaşmış COO^- qruplarının əmələ gəlməsi ilə COO^- -metal rabitəsinin yaranması təsdiq edilir. $2952,37\text{ sm}^{-1}$ oblastında aydın müşahidə olunan və $3222,20\text{ sm}^{-1}$ -də çox geniş udulma zolaqları Pb^{2+} -ionu ilə sorbsiyadan sonra xeyli dəyişilərək, zəif intensivlikli udulma zolaqlarına parçalanırlar. Bu isə sorbsiya proseslərinin iondəyişmə ilə yanaşı əhəmiyyətli dərəcədə kompleksəmələgəlmə ilə də müşayiət olunduğunu təsdiq edir.

İonitin Cu^{2+} ionu ilə sorbsiyadan sonra çəkilmiş İQ-spektrində $1350,81$; $1418,61$; $1452,61$ və $1520,63\text{ sm}^{-1}$ -də son dərəcə zəif, güclə hiss olunan udulma zolaqları müşahidə olunur. Bu ionitlə metal ionları arasında koordinasiya rabitə yalnız oksigeninin sərbəst elektronları hesabına gerçəkləşə biləcəyindən, bu oblastlara xüsusi diqqət yetirilmişdir. Spektrlərin müqayisəsinə və $400-600\text{ sm}^{-1}$ intervalında karboksil qruplarının yerinə deprotonlaşmış karbonil (COO^-) qruplarının əmələ gəlməsi ilə COO^- -metal rabitəsinin yaranması təsdiq edilir. $2925,18\text{ sm}^{-1}$ oblastında aydın müşahidə olunan və $3426,29\text{ sm}^{-1}$ -də çox geniş udulma zolaqları Cu^{2+} -ionu ilə sorbsiyadan sonra qismən dəyişilərək, az zəif intensivlikli udulma zolaqlarına parçalanırlar. Bu isə sorbsiya proseslərinin iondəyişmə ilə yanaşı kompleksəmələgəlmə ilə də müşayiət olunduğunu təsdiq edir.



Şəkil.2. Amberlite MAC 3 kationitinin ardıcıl İQ-spektri

İonit nümunələrinin İQ spektrləri çəkilmiş, Cu^{2+} və Pb^{2+} ionları ilə işlənmiş kationitin spektrlərində $400-850\text{ sm}^{-1}$ oblastlarda udulma zolaqlarının intensivliyinin yüksəlməsi müşahidə olunur. Karboksil qruplu Amberlite MAC 3 kationitində karboksil qruplarına aid zolaqların sürüşməsi və intensivliklərinin dəyişməsi həmin qrupla Cu^{2+} və Pb^{2+} ionları arasındakı rabitənin təbiətindən irəli gəlir. İQ-oblastda metal ionlarının udulma spektrləri əsasən $200-400\text{ sm}^{-1}$ -də müşahidə olunduğundan (Беллами, 1971. с. 318) aşağı oblastı qeyd etmək mümkün olmur. Ancaq İQ- spektrlərdə müşahidə olunan aydın fərqlər sorbsiyanın təbiətini hipotetik təsəvvürlər əsasında deyil, instrumental səviyyədə interpretasiya etməyə imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Chromatography. Products for analysis and purification. Supelco, Sigma-Aldrich ChemieGmbH. Germany, 2003-2004, 453 p.
2. Szymanski, H.A. Infrared Band Handbook: Volume 1 4240–999 cm^{-1} /Volume 2 999–29 cm^{-1} . Springer Science & Business Media, 1970, 1490

3. Jafarli, M., Imanov, H. IR spectra of duolite c 467, amberlite irp 64 type sorbents treated with Cu^{2+} AND Pb^{2+} IONS, Nature & Science/Təbiət və Elm, 2023, p. 5
4. Беллами, А. Новые данные по ИК-спектрам сложных молекул . М.: Мир, 1971.318 с.
5. Накомото, К. ИК- и КР-спектры неорганических и координационных соединений. М.: Мир, 1991.536 с.

SUMMARY

STUDY OF STRUCTURES OF CARBOXYL FUNCTIONAL IONITES USING THE IR SPECTRAL METHOD

In this study, the sorption mechanism of ions with the carboxyl functional group Amberlite MAC-3 (-COOH) type ion exchanger was comprehensively studied using infrared (IR) spectral data. The main goal of the study was to determine the nature of the ion-sorbent interaction, the chemical and physical changes occurring in the sorbent structure, as well as the characteristics of the sorption process at the molecular level. For this purpose, the initial structural structure of the sorbent was analyzed, and the changes observed in the functional groups after contact with metal ions were investigated comparatively with the capabilities of the IR spectral method. The IR spectral analyses performed showed that as a result of the interaction of heavy metal ions with the ion exchanger, significant shifts occur in the frequencies of the main vibrational bands, especially those belonging to the carboxyl (-COOH) groups. This frequency change indicates that the ions enter into a complexation reaction with carboxyl groups, i.e. the sorption process is not limited to just physical absorption, but that chemical bonds or strengthened electrostatic interactions are formed through functional groups. These changes observed in the intensity and position of the frequencies allow us to say that a new coordination environment is formed on the sorbent surface, that the electron density of metal ions changes and that it affects the degree of protonation of carboxyl groups. The analysis of spectral changes has created conditions for the differentiation of various stages of the sorption mechanism, namely, the approach of the ion to the sorbent, the initial electrostatic interaction with the functional group, the formation and stabilization of complex bonds, and the scientific explanation of such stages. Thus, the IR spectral method has served as the main analytical tool in determining both the nature of the functional groups involved in the sorption process and the chemical mechanism of the ion-sorbent interaction. In order to ensure the accuracy of the obtained spectral results, the method of preparing the samples in the form of tablets by mixing them with KBr was used in the study. This method increased the optical transparency and created conditions for the selective and clear recording of vibrational bands. Both the initial and post-sorption IR spectra of the ionites treated with metal ions were recorded with high sensitivity on a Nicolette IR-10 spectrometer, and a comparative analysis of the obtained data was carried out. This approach has allowed for the scientific confirmation of the molecular mechanism of the sorption process.

Keywords: IR method, ionites, absorption bands, functional groups, sorption, molecular fragments, heavy metals

РЕЗЮМЕ

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР КАРБОКСИЛЬНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИОНИТОВ МЕТОДОМ ИК СПЕКТРОСКОПИИ

В данной работе проведено комплексное изучение механизма сорбции ионов с карбоксильной функциональной группой на ионообменнике типа Amberlite MAC-3 (-COOH) с использованием данных инфракрасной (ИК) спектроскопии. Основной целью исследования было определение характера взаимодействия ионов с сорбентом, химических и физических изменений, происходящих в структуре сорбента, а также особенностей процесса сорбции на молекулярном уровне. Для этого проведен анализ исходной структурной структуры сорбента и сравнительно с возможностями ИК-спектрального метода исследованы наблюдаемые изменения функциональных групп после контакта с ионами металлов. Проведенные ИК-спектральные анализы показали, что в результате взаимодействия ионов тяжелых металлов с ионообменником происходят значительные сдвиги частот основных колебательных полос, особенно принадлежащих карбоксильным (-COOH) группам. Это изменение частоты свидетельствует о том, что ионы вступают в реакцию комплексообразования с карбоксильными группами, т.е. процесс сорбции не ограничивается только физической абсорбцией, а образуются химические связи или усиленные электростатические взаимодействия через функциональные группы. Наблюдаемые изменения интенсивности и положения частот позволяют говорить об образовании нового координационного окружения на поверхности сорбента, об изменении электронной плотности ионов металла и о влиянии этого на степень протонирования карбоксильных групп. Анализ спектральных изменений создал условия для дифференциации различных стадий механизма сорбции, а именно: подхода иона к сорбенту, начального электростатического взаимодействия с функциональной группой, образования и стабилизации комплексных связей, и научного объяснения этих стадий. Таким образом, метод ИК-спектроскопии послужил основным аналитическим инструментом для определения как природы функциональных групп, участвующих в процессе сорбции, так и химического механизма взаимодействия иона с сорбентом. Для обеспечения точности получаемых спектральных результатов в исследовании использовался метод приготовления образцов в виде таблеток путем их смешивания с KBr. Этот метод позволил повысить оптическую прозрачность и создать условия для селективной и четкой регистрации колебательных полос. На спектрометре Nicolet IR-10 с высокой чувствительностью зарегистрированы как исходные, так и постсорбционные ИК-спектры ионитов, обработанных ионами металлов, и проведен сравнительный анализ полученных данных. Данный подход позволил научно подтвердить молекулярный механизм процесса сорбции.

Ключевые слова: метод (ИК), иониты, полосы поглощения, функциональные группы, сорбция, молекулярные фрагменты, тяжелые металлы

5-(Bisiklo[2.2.1]hept-5-en-2-il)pent-3-in TURŞULARININ AMİD VƏ MÜRƏKKƏB EFİR TÖRƏMƏLƏRİNİN SİNTEZİ

MƏHRUZƏ ŞATİROVA ¹

mshatirova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-7305-9981>

ULDUZ CƏFƏROVA ²

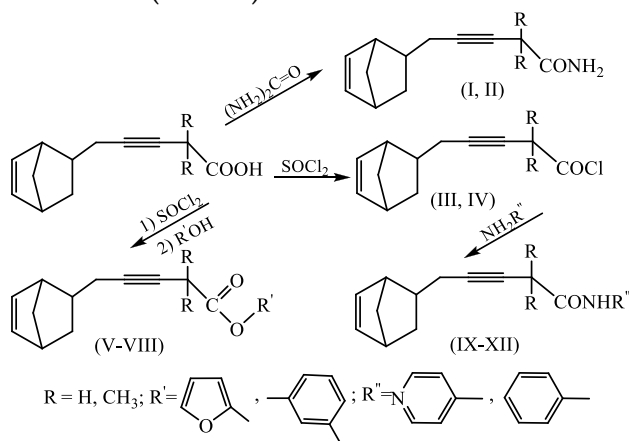
ulduz.ceferova.82@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-4601-3902>

^{1,2}Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyinin

Polimer Materialları İnstitutu, Sumqayıt

Alkin törəmələri, bisiklik strukturları əhatə edənələr, yüksək reaktivliyi, möhkəm məkan konfigurasiyası və ifadəli bioloji aktivliyi səbəbindən üzvi sintez və tibbi kimya üçün böyük maraq doğurur. Xüsusilə, norbornen (bisiklo (2.2.1) hept-2-en) fraqmentinin törəmələri yeni farmakoforların, funksional materialların və polimer sistemlərinin yaradılmasında geniş tətbiq olunur. Bir molekul daxilində alkin və karboksil funksional qruplarının kombinasiyası həm alkinin π -sistemi, həm də karboksil qrupunun reaktivliyi hesabına kimyəvi modifikasiya üçün əlavə imkanlar açır. 5-(Bisiklo (2.2.1) hept-5-en-2-il)pent-3-in turşusu gərgin norbornen skeleti və reaktiv alkin qrupunu birləşdirir, bu da onu funksional zəngin üzvi birləşmələrin sintezi üçün perspektivli substrat edir. Bu işdə 5-(bisiklo (2.2.1) hept-5-en-2-il) pent-3-in turşularının karbamid, tionil xlorid, furfuril və aromatik spirtlərlə, həmçinin birli aminlərlə reaksiyaları tədqiq edilmişdir. Bu reaksiyalar yüksək selektivlik nümayiş etdirir və molekulun bir neçə reaktiv mərkəzini məqsədyönlü şəkildə funksionalizasiya etməyə imkan verir. Karbamidlə amidləşmə (I, II) bioloji aktivliyə malik potensial amid törəmələrinin əldə edilməsinə səbəb olur. Tionil xlorid və spirtlərlə reaksiyalar isə asillənmiş xloridlərin (III, IV) və mürəkkəb efirlərin (V–VIII) əmələ gəlməsini təmin edir. Xloridlərin (III, IV) amin reagentləri (aminopiridin və anilin) ilə sonrakı qarşılıqlı təsiri N-əvəz olunmuş amidlərin (IX–XII) sintezini mümkün edir.



Beləliklə, 5-(bisiklo(2.2.1)hept-5-en-2-il)pent-3-in turşularının amid əmələ gətirən agentlər, asilləşdirici reagentlər və spirtlərlə reaksiyalarının kompleks tədqiqi yalnız funksional zəngin törəmələrin geniş spektrini əldə etməyə imkan vermir, həm də bu reaksiyaların yüksək selektivliyini və idarəolunmasını, həmçinin mürəkkəb üzvi molekulların sintezində tətbiq perspektivini göstərir. Norbornen fraqmenti və alkin qrupu əlavə selektivlik və gələcək kimyəvi modifikasiya üçün geniş potensial təmin edir.

4-Metil-6-(alkil(aril))-2-((3-alkil(aril)izoksazol-5-il)metil)-3a,7a-dihidro-1H-pirollo[3,4-c]piridin-3(2H)-ONLARIN SİNTEZİ

MƏHRUZƏ ŞATIROVA¹

mshatirova@mail.ru

https://orcid.org/0000-0002-7305-9981

ŞƏHLA ŞEYDAYEVA²

eliyevask@mail.ru

https://orcid.org/0009-0004-0155-3982

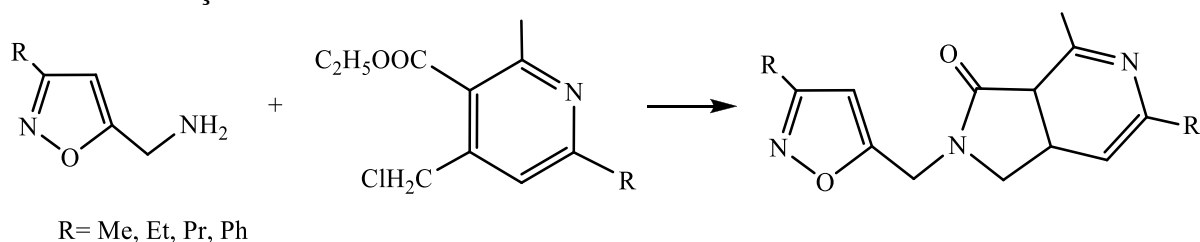
GÜLNUR MƏMMƏDOVA³

gulnurpmi@mail.ru

https://orcid.org/0000-0001-6687-6548

Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyinin Polimer Materialları İnstitutu^{1,2,3}, Sumqayıt

İzoksazol və azot tərkibli kondensləşmiş heterotsiklik sistemlər üzvi və tibbi kimyada böyük maraq doğurur. Bu maraq onların bioloji aktivliyi, struktur müxtəlifliyi və geniş funksionallaşdırma imkanları ilə bağlıdır. İzoksazol fraqmenti bir çox iltihabəleyhinə, antimikrob, şişəleyhinə və inhibitor təsirli maddələrin tərkibində mövcud olan mühüm farmakofor elementidir. Nikotin turşusu və onun törəmələri də bioloji aktiv molekulların və funksional materialların sintezində geniş istifadə olunan struktur bazalardır. İzoksazol quruluşunun nikotinat fraqmenti ilə birləşdirilməsi sinergetik xüsusiyyətlərə malik yeni hibrid sistemlərin alınması üçün geniş imkanlar yaradır. Xüsusilə (3-metil(etil)izoksazol-5-il)metanamınların etil 4-(xlormetil)-2-metil-6-(alkil)nikotinatarla reaksiyaları xüsusi maraq kəsb edir. Bu birləşmələr nukleofil mərkəzin (amin qrupunun) və elektron-defisitli xlormetil fraqmentinin mövcudluğu səbəbindən yüksək reaktivlik göstərir və onları yeni politsiklik strukturların alınması üçün əlverişli substratlar edir. Tədqiq olunan reaksiya nəticəsində kondensləşmiş pirollo[3,4-c]piridin sistemləri – 4-metil-6-(alkil)-2-((3-alkil-izoksazol-5-il)metil)-3a,7a-dihidro-1H-pirollo[3,4-c]piridin-3(2H)-onlar əmələ gəlir. Proses izoksazol törəməsinin amin qrupunun xlora nukleofil hücumu və ardınca gedən daxili siklizasiya addımlarını özündə birləşdirir ki, bu da yüksək selektivlik və sabit politsiklik nüvənin formalaşmasını təmin edir.



Beləliklə, bu iş izoksazol və nikotinat fraqmentlərini birləşdirən yeni hibrid heterotsiklik sistemlərin səmərəli sintez üsulunun işlənib hazırlanmasına yönəlmişdir. Alınan birləşmələr tibbi kimya və bioloji aktiv maddələrin dizaynı sahəsində gələcək tədqiqatlar üçün böyük maraq kəsb edə bilər.

SƏMT QAZLARININ YÜKSƏK OKTANLI BENZİN KOMPONENTLƏRİNİN ALINMASI PROSESİNƏ CƏLB EDİLMƏSİ

MƏLAHƏT MƏMMƏDOVA¹

memmedova-melahet@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-1714-8111>

SƏFA ABASOV¹

safa.abasov@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2027-0273>

YEGANƏ İSAYEVA¹

isayeva-y@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6393-4706>

AYTƏN İSKƏNDƏROVA¹

ayten_iskenderova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-9397-6031>

ARZU İMANOVA¹

arzu.imanova.78@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-3358-958X>

TURAC SÜLEYMANOVA¹

teimxkl@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1564-8080>

¹Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin akademik
Y.H. Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, Azərbaycan

F.M.HÜSEYNOV²

²Bakı Ali Neft Məktəbi, Azərbaycan

Karbohidrogen xammalına olan tələbatın günü-gündən artması əlavə, o cümlədən alternativ karbohidrogen xammalı mənbələrinin axtarışını vacib edir. Problemi həll etmək üçün yanacaq (benzinin) alınması prosesinə səmt qazlarının cəlb edilməsinin mümkünlüyünün araşdırılmasının praktiki əhəmiyyəti vardır. Bu məqsədlə sulfatlaşdırılmış sirkoniun dioksid və kobalt ilə modifikasiya olunmuş HZSM-5 seoliti əsasında kompozisiya tərkibli katalizator sintez edilmiş və bu katalizator üzərində Qaradağ Qaz Emalı zavodundan alınmış propan-butan fraksiyasının (PBF) qaz benzini (QB) ilə birgə izomerləşdirici emala cəlb edilməsi imkanları araşdırılmışdır. Tədqiqat axın tipli laboratoriya qurğusunda, atmosfer təzyiqində aparılmışdır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, PBF: QB qarışığındakı PBF-in C₂-i-C₄ komponentləri intensiv sərfiyyata məruz qalır. Bu zaman QB-nin daha yüksək molekullu komponentlərinin sərfiyyatı da müşahidə olunur. Qarışığın çevrilmə məhsulları isə yüksək oktanlı benzin komponentləri olan i-C₅ – i-C₆ komponentləri ilə zənginləşir.

Cədvəldə verilmişdir nəticələrdən göründüyü kimi reaksiya qarışığında qaz halında olan karbohidrogenlərin miqdarı artdıqca PBF-in konversiyası və C₅ - C₆ alkanlarının toplanması maksimumdan keçir və 50:50 nisbətindən yuxarı qalxmaq prosesinin effektivliyini xarakterizə edən bütün parametrlərin azalmasına gətirib çıxarır.

Cədvəl

PBF : QB kütlə nisbətinin onların konversiyasına
və i-C₅ – i-C₆ alkanlarının toplanmasına təsiri. T= 180°C.

PBF:QB (kütlə nisbəti)	5.5:94.5	25:75	50:50	75:25
PBF konversiyası, %	72	90	89	48
QB-nin C ₇₊ komponentinin konversiyası, %	40	48	73	25
Σ i – C ₅ – i – C ₆ çıxımı, %	18	25	44	25

Kompozisiya tərkibli katalizatunun komponentlərində ayrı-ayrılıqda uyğun aktivliyin olmamasını, proses nəticəsində alınan məhsulları, Co/H-seolit hidrokrekinq aktivliyini nəzərə alaraq belə nəticəyə gəlmək olar ki, QB və PBF qarışığının konversiyası C_{7+} və C_4 komponentlərinin iştirakı ilə $[C_4 - C_{7+}]$ intermediatlarının əmələ gəlməsi və izomerləşməsinin onların hidrokrekinq ilə qoşulması yolu ilə gedir.

Beləliklə, aparılan tədqiqat göstərmişdir ki, neftlə birlikdə yerdən çıxan və özünün səmərəli tətbiqini tapmayan, çox zaman isə yandırılması ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olan səmt qazlarını ekoloji təmiz benzin komponentlərinin alınması prosesinə cəlb etmək olar.

CdTe NANOHISSƏCİKLƏRİNİN ELEMENTAR TELLURA TRANSFORMASIYA PROSESİNİN ARAŞDIRILMASI

MƏMMƏD HÜSEYNƏLİYEV¹

mamedhuss@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0008-5381-1313>

MƏRYƏM ƏSGƏROVA²

esgerovameryem13@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-1681-9525>

^{1,2} Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi,
Təbii Ehtiyatlar İnstitutu, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

CdTe nanohissəciklərini almaq üçün hər biri 0,065 mol olmaqla hazırlanmış Na_2TeO_3 və cadmium xlorid ($\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$) məhlullarının 1:1 molyar nisbətdə götürülmüş su məhlullarının qarışığından istifadə olunmuşdur. Birləşmənin alınması prosesində qarışığa porsiyalarla NaBH_4 kristalı əlavə olunmuş və hər porsiya arası məhlulun pH-ı 3-ədək endirilmişdir. Nəticədə, qara rəngli CdTe birləşməsinin narın tozu alınmış və "Bruker D2 PHASER" rentgen difraktometrində yerinə yetirilmiş analizin nəticələrinə əsasən alınan birləşmənin kubik strukturda kristallaşmış CdTe olduğu təsdiq olunmuşdur. Debye-Şerer düsturuna əsasən nanohissəciklərin orta ölçüləri hesablanmış və 19 nm olduğu müəyyən olunmuşdur.

Bu birləşmənin üzərinə EDTA (Trilon-B) məhlulu əlavə edilməklə CdTe-un elementar tellura transformasiyası həyata keçirilmişdir. Alınmış CdTe nanohissəciklərinin optik xassələrini öyrənmək üçün "Hitachi U-5100 UV/Visible Spectrometer" ultrabənövşəyi spektrometrindən istifadə edilmişdir. Bu cihaz vasitəsilə transformasiya prosesindən əvvəl və prosesdən sonra nümunələr toluol məhlulunda dispers hala gətirilmiş, onların optik udma spektrləri çəkilmiş və bu spektrlər əsasında $(\alpha h\nu)^2$ -nin $h\nu$ -dən asılılıq ayrılması qurulmuşdur (burada α - udma əmsalı $h\nu$ isə düşən monoxromatik işığın enerjisidir). Tauç düsturu tətbiq edilməklə, bu asılılıqlardan düz xətt oblastının absis oxu ilə kəsişməsinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, hidrotermal üsulla alınmış CdTe nanohissəciklərinin transformasiya prosesindən əvvəl qadağan olunmuş zonasının eni $E_{g1} = 1.153$ eV, prosesdən sonra isə $E_{g2} = 1.42$ eV-a bərabərdir. E_g -lərin bu cür dəyişməsi CdTe-un ($E_g = 1.53$ eV) Te-a ($E_g = 0.32$ eV) transformasiyası istiqamətinə (böyükdən kiçiyə) uyğun gəlir.

Transformasiya aparılmış birləşmədə ikinci dəfə bu proses aparıldıqda heç bir dəyişiklik baş vermir. Transformasiya prosesi CdTe narın toz dənəciyinin çox kiçik qatında baş verdiyindən onun üzərində alınan elementar telluru NaBH_4 -də həll etməklə məhlula keçirmək olar.

Həqiqətən EDTA vasitəsilə CdTe-un Te-a qismən transformasiya etdiyinə əmin olmaq üçün transformasiya olunmamış və transformasiya olunmuş iki CdTe nümunələri götürülərək onların üzərlərinə natrium borhidrid (NaBH_4) məhlulu əlavə edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, birinci nümunədə məhlulda heç bir dəyişiklik baş vermədiyi halda ikinci nümunədə məhlul tellura xas olan bənövşəyi rəng almışdır. Güman etmək olardı ki, CdTe nanohissəciklərinin ölçüləri transformasiya prosesinin bütövlüklə həyata keçməsinə imkan verəcəkdir. Lakin transformasiya prosesindən sonra bütövlüklə Te olduğu güman edilən tünd qəhvəyi rəngli tozun rentgenogramması göstərmişdir ki, burada CdTe üstünlük təşkil edir.

Alınan nəticələri aşağıdakı kimi izah etmək olar: Alınan sərbəst tellur CdTe narın toz dənəciyinin üzərinə oturur. Bu örtük prosesin sonadək davam etməsini çətinləşdirir. Nəticədə transformasiya prosesi çox nazik bir qatda gerçəkləşmiş olur.

Açar sözlər: CdTe, nanohissəcik, narın toz, natrium borhidrid, EDTA (Trilon B), transformasiya, optik udma spektri, Tauç düsturu, qadağan olunmuş zona

P-(1-METİLTİSİKLOHEKSİL)FENOL ƏSASINDA MAKROTSİKLİK FENOLFORMALDEHİD OLİQOMERİNİN ALINMASI

MƏNZƏR ƏMİRASLANOVA¹

amenzer@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0001-7150-2361>

ÇİNGİZ RƏSULOV³

rchk49@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4999-2955>

RÜFƏT RÜSTƏMOV²

rufat13@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-6820-9212>

ŞƏHLA ƏLİYEVƏ⁴

ms.shekhla@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-9729-1048>

NÜŞABƏ ƏLİYEVƏ⁵

nushabaaliyeva2007@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-153-9819>

SƏİDƏ ƏHMƏDBƏYOVƏ⁶

saida.ahmadbayova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1672-6334>

PƏRVANƏ İSAYEVƏ⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin akademik

Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, Azərbaycan

Fenolformaldehid oliqomerlərinin (FFO) yüksəkmolekullu birləşmələr kimyasında əhəmiyyətli mövqeyə malik olduğu məlumdur. Onilliklər boyunca aparılan tədqiqat işlərinin uğurlu nəticələri, bu birləşmələrin xammal, texnoloji, funksionallıq və tətbiqi baxımdan perspektivliyindən irəli gəlir. Qeyd olunan istiqamətdə müasir inkişafın tələblərinə cavab verən materialların alınması məqsədilə tədqiqat işlərinin tərəfimizdən uğurla aparılmasını söyləmək olar (1-3).

Son illər ərzində FFO-ların sintezi və tətbiqində makromolekulların xətti və şaxəli quruluşu ilə xarakterizə olunan termoplastik və termoreaktiv oliqomerlərlə yanaşı, müxtəlif ölçülü halqa strukturuna malik yeni nəsil FFO-ların, onların modifikasiyası məhsullarının alınması, tətbiq sahələrinin öyrənilməsi istiqamətində geniş tədqiqat işləri dünya elmi mətbuatında dərc olunur. Bu birləşmələr fenollarla formaldehidin tsiklik oliqomerləşməsindən alınan "kaliksarenlər" adlanan makrotsiklik birləşmələrdir (4-5).

Bu sıradan olan birləşmələrin alınması əsasən para-vəziyyətdə əvəzlənmiş fenol birləşmələrinin çevrilmələri vasitəsilə mümkündür. Belə ki, FFO-ların alınması zamanı, fenol hidrosilina nəzərən para-vəziyyətdə əvəzedici olduğu halda, kondensləşmə yalnız 2- və 6-vəziyyətdə reallaşır, nəticədə yüksək temperaturda müəyyən ölçüyə qədər uzanan polikondensləşmə zənciri öz-özünə qapanır və makrotsikl formalaşmasına səbəb olur.

Bunları nəzərə alaraq, fenolun 1-metiltsikloheksenlə katalitik tsikloalkilləşməsindən alınan p-(1-metiltsikloheksil)fenolun paraformla o-ksiloldan həlledici, 35%-li KOH qələvi məhlulundan katalizator kimi istifadə etməklə qarşılıqlı təsiri həyata keçirilmişdir. Proses reaksiya qarışığının qaynama temperaturunda (~136-140°C), azot axınında 6 saat müddətində aparılmış, sonda sarımtıl-ağ rəngli çöküntünün əmələ gəlməsi ilə nəticələnmişdir. Sintez məhsulunun ilkin komponentlərin ümumi miqdarına görə çıxımı ~35,8% təşkil etmişdir. Alınan çöküntü su və asetonla yuyulub, süzmə üsulu ilə maye hissədən ayrılaraq sobada qurudulduqdan sonra analiz edilmişdir.

Sintez olunan tozşəkilli oliqomer məhsulun quruluşu İQ-spektroskopiya üsulu ilə tədqiq edilmişdir. Analizlər Almaniyanın "Bruker" firmasının istehsalı olan ALPHA İQ-Furye spektrometrində ilkin komponentlərlə müqayisəli aparılmışdır. Son məhsulun İQ-spektrlərində metil CH₃-(1375 cm⁻¹-def., 2853 cm⁻¹-val.), metilen -CH₂- (723 cm⁻¹-riyazi rəqslər, 1449 cm⁻¹-def., 2926 cm⁻¹-val. rəqsləri) və

əvəzlənmiş benzol halqasının C-H ($782, 868\text{ cm}^{-1}$ -def. rəqsləri), fenol hidroksilinin O-H (1112 cm^{-1} -def., 3200 cm^{-1} -val. rəqsləri), aromatik halqanın C=C (1600 cm^{-1} -val. rəqsləri) rabitələrinin rəqslərinə uyğun udulma zolaqları ilə yanaşı, tsikloheksan halqasındakı C-H rabitələrinin deformasiya ($967, 1019\text{ cm}^{-1}$) rəqslərini ifadə edən udulma zolaqları müşahidə olunur. Bu spektral xarakteristikalarla bərabər, oliqomerləşmə məhsullarının fiziki halı və təyin olunan bəzi fiziki-kimyəvi göstəriciləri ehtimal olunan qapanmış makrotsikl strukturunun formalaşdığını təsdiq edir. Alınan tozşəkilli məhsul ənənəvi quruluşlu FFO-lardan fərqli olaraq aromatik karbohidrogenlərdə (benzol, toluol), karbohidrogenlər qarışığında (benzin, kerosin), etil spirtində, asetonda, dimetilformamiddə həll olmur. Ərimə temperaturunun təyini zamanı alınan tərkiblərin yumşalmadan və ərimədən $\sim 400^{\circ}\text{C}$ -yə qədər dəyişməz olub, ardınca rəngin tündləşməsi ilə destruksiyaya uğradığı müəyyən edilmişdir. Sintez olunan oliqomerlərin NETZSCH Proteus proqram təminatlı "Yupiter STA449F3" ("NETZSCH" şirkəti, Almaniya) termoanalizatorunda azot atmosferində $25-600^{\circ}\text{C}$ temperatur intervalında və 10 K/dəq qalxma sürətində termogravimetrik və differensial-termiki analizi həyata keçirilmiş, alınan məhsulun $\sim 700^{\circ}\text{C}$ -də $36,95\%$ qalıq kütləyə malik olmaqla termiki davamlılığı aşkar edilmişdir.

Sintez olunan oliqomer nümunəsinin Yaponiyanın Horiba Şirkətinin LB 550 spektrometrində işığın Dinamik Səpilməsi üsulu ilə qranulometrik analizi nəticəsində aşağıdakılar müəyyən edilmişdir: $D_{10}=2343,0\text{ nm}$; $D_{50}=3381,9\text{ nm}$; $D_{90}=4429\text{ nm}$; span $0,6168$; diffuziya əmsalı $1,2764 \cdot 10^{-13}\text{ m}^2/\text{s}$ -ə bərabərdir. Bunlar monodispers sistemdə hissəciklərin bərabər paylanmasını göstərir. Qeyd edilən tərkiblərin zərərli metal ionlarının su məhlulundan adsorbsiyasında yoxlanması nəzərdə tutulur.

Açar sözlər: fenolformaldehid oliqomerləri, makrotsiklik birləşmələr, *p*-(1-metiltsikloheksil) fenol, İQ-spektroskopiya, kaliksaren

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayeva N.R., Amiraslanova M.N., Aliyeva L.I., Rustamov R.A., Ahmadbayova S.F., Aliyeva Sh.R., Isayeva P.E. Preparation of monoalkyl($\text{C}_8\text{-C}_{12}$)phenolformaldehyde oligomers functionalized with imidazolines based on acids isolated from soybean oil and polyamines. Azerbaijan Oil Industry Journal. Section: Oil refining and petroleum chemistry. 2024. № 3. pp. 33-39
2. Amiraslanova M.N., Aliyeva A.P., Akhmedbekova S.F., İbragimova M.Dz., Mammadzade F.A., Rustamov R.A., Aliyeva Sh.R., Dadasheva N.R., Isayeva P.E. Using IR Spectroscopy to Study Structures of Benzylamine Phenol-Formaldehyde Oligomers. Journal of Structural Chemistry. 2019. V. 60. № 7, pp. 1037–1042
3. Amiraslanova M.N., Алиева А.П., Ибрагимова М.Дж., Мамедзаде Ф.А., Юсифзаде Ф.Ю. Синтез и исследование структуры азотсодержащих гибридных фенолформальдегидных олигомеров и продуктов их этерификации *n*-бутанолом // Башкирский Химический Журнал, 2022, №1, Т.29, стр. 37-45
4. Morozova Yu.E., Gilmullina Z.R., Syakaev V.V., Valeeva F.G., Ziganshina A.Y., Zakharova L.Y., Antipin I.S. Zwitter-ionic amphiphilic calixresorcinarenes: Micellization in the bulk solution and non-surface activity. J. Mol. Liq. 2023. V. 387. e122575
5. Puchnin K., Cheshkov D., Zaikin P., Vatsouro I., Kovalev V. Tuning conformations of calix[4]tubes by weak intramolecular interactions. New J. Chem. 2013. V. 37. pp. 416-424

POLİOLEFİN QARIŞIĞI ƏSASLI POLİMER KOMPOZİTLƏR VƏ ONLARIN FİZİKİ-MEXANİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

VALEH CƏFƏROV
SEVİL BEKTAŞI
MƏNSURƏ RƏCƏBOVA
NİGAR KƏRİMOVA
İLƏHƏ ASLANOVA
NAHİDƏ ƏLİMİRZƏYEVA
nahidalimirzayeva@gmail.com

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Polimer Materialları İnstitutu, Sumqayıt, Azərbaycan

XÜLASƏ

Elmi tədqiqat işində yüksək təzyiq polietileni (YTPE), polipropilen (PS) və polivinilxlorid (PVX) əsasında, komponentlərin müxtəlif nisbətlərində kompozit nümunələrin alınması və onların fiziki-mexaniki göstəricilərinin tədqiqi təqdim edilmişdir. Məqsəd götürülən polimerlərin bir-biri ilə uyuşma xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi və yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik yeni nəsil kompozit materialların alınmasından ibarətdir. Belə ki, sadə texnologiyalara məxsus, eləcə də ucuz maya dəyərli yeni növ kompozitlərin alınması istiqamətində tədqiqat işlərinin yerinə yetirilməsi aktual sayılır, iqtisadi və ekoloji cəhətdən əlverişli hesab edilir. Polimerlərin bir-biri ilə uyuşması şəraitinin təmin edilməsi və yüksək istismar göstəricilərinə xas olan parametrlərin alınmasına nail olunması məqsədi ilə olefinlərin üstün xüsusiyyətlərinə əsasən müxtəlif nisbətlərdə qarışıqlar alınmışdır.

Açar sözlər: yüksək təzyiq polietileni, izotaktik polipropilen, polivinilxlorid, polimer kompozit, dartılmada möhkəmlik həddi (σ), qırılma zamanı nisbi uzanma (ϵ), elastiklik modulu, ərintinin axıcılıq göstəricisi

Müasir elm və texnikanın inkişaf etmiş istiqamətlərindən biri iki və daha artıq polimerin qarışdırılması yolu ilə kompleks xassələrə malik polimer kompozitlərin alınmasıdır. Bir çox elmi tədqiqat işləri məhz polimer qarışıqların alınması və sistemə doldurucuların daxil edilməsi və nəticədə daha yeni növ materialın alınması mütərəqqi hesab edilir. Lakin təqdim edilən tədqiqat işində doldurucusuz bir-biri ilə uyuşa bilən polimerlərin qarışdırılması yolu ilə kompozitlərin alınması qeyd olunmuşdur.

Hazırda bir sıra elmi tədqiqat işləri aktuallığı ilə gündəmdədir. Belə tədqiqatlardan biri də istifadə olunan polimer qarışıqlarla xammalın miqdarına qənaət, istifadə olunan polimerlərin bir sıra xassələrinin aşağı, səviyyədə olmasının yüksəldilməsi məqsədi ilə onların bir-birində uyuşması ilə "sinergik effekt"nin əmələ gəlməsi ilə müşahidə olunan tədqiqatlardır. Sistemdə iştirak edən polimerlərin bir-birində uyuşması üçün onların təbiəti, quruluşu, mənşəyi, oxşarlığı vacib amil sayılır. Polimerlərin uyuşması-homogen kütlənin alınması ilə seçilmiş sistemlər əsasında (PE-PS), (PE:PVX) və (PE-PS) alınan kompozitlərin bir sıra fiziki-mexaniki xassələrinin tədqiqi nəzəri və təcrübi elmi maraq kəsb edir [1-3].

Polietilen dünyada ən geniş yayılmış plastik növüdür və illik təxminən 80 milyon ton beynəlxalq istehsal vardır. 1898-ci ildə diazometanı tədqiq edən Alman kimyaçı Hans Von

Pechmann tərəfindən təsadüfən hazırlanmışdır. Polietilen - $(-CH_2-CH_2-)_n$, bərk ağ rəngli, termoplastik, əl ilə yoxladıqda bir qədər yağlıtəhər materialdır, parafini xatırladır. Polimerin öz quruluşuna görə böyük molekul kütləsinə malik doymuş karbohidrogen (parafin) olduğu nəzərə alınsa, bu oxşarlığı başa düşmək olar. Polietilen maviyəçalan zəif parlaq alovla yanır. Turşuların, qələvilərin, oksidləşdiricilərin (kalium-permanqanatın) məhlulları ona təsir etmir. Qatı nitrat turşusu polietileni parçalayır. Polietilendən elektrik izolyatoru kimi istifadə edilir. Polietilen plyonkalar su və qaz keçirmir, ona görə də qida maddələrini qablaşdırmaq üçün material kimi istifadə edilir. Polietilen plyonkalardan, eləcə də kənd təsərrüfatında şitillərin şaxtadan qorunması üçün istixanaların tikilişində istifadə olunur. Polietilenin kimyəvi davamlılığı ondan müxtəlif növ borular, kimyəvi aparatlar, detalları, kimyəvi aqressiv mayələrin saxlanması və daşınması üçün tutumlar (qablar) hazırlamağa imkan verir. Polietilendən məişətdə işlədilən çoxlu miqdarda əşyalar: su qabları, parçalar, qablaşdırma paketləri və s. hazırlayırlar. Polietileni sənayedə yüksək təzyiqdə (250-350 MPa, 250-380 °C) və aşağı təzyiqdə (0,25-2,5 MPa, 80-100 °C) alırlar. Yüksək təzyiq polimeri ciddi xətti quruluşa malik deyildir, onların makromolekullarının zəncirlərində şaxələnmə əmələ gəlir. Aşağı təzyiq polimeri xüsusi katalizatorun təsiri nəticəsində dəqiq xətti quruluşlu olur, odur ki, onun molekulları bir-biri ilə daha sıx birləşir (kristallıq dərəcəsi artır) və bu, materialın xassələrində özünü göstərir.

Polistirol — benzol və etilenin birləşməsindən əmələ gələn stirolun xətti polimeri $[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$ olub, şüşəyəbənzər maddədir. Emal zamanı etilen aluminiumxloridin köməyi ilə katalizator kimi benzola daxil etdirilir. Polistirol ucuz böyük həcmli termoplastdır, yüksək bərkliyi, yaxşı dielektrik xassələri, nəmliyə davamlığı ilə fərqlənir, asanlıqla rənglənir və deformasiya olunur, ətraf mühit üçün təhlükəli deyil. Onun istiyə davamsızlığı və nisbi kövrəkliyi çatışmayan cəhətlərindəndir. Polistirol kütlə və ya köpüklü plastik kimi istifadə olunur. Ondan tökmə sənayesində modellər hazırlanır, üyüdülmüş halda içlik materiallarına da daxil edilir. Bundan əlavə polistiroidən avtomobil, radiotexnika, məişət texnikasının hazırlanmasında geniş istifadə olunur. Həmçinin kauçuk və digər plastik kütlələrlə qarışıq şəklində də tətbiq olunur.

Polivinil xlorid (PVX) hazırda istehsal həcminə və tətbiq sahələrinə görə geniş yayılmış sintetik polimerlər sırasına daxildir. Ondən süni dəri, örtük və kabel-izolyasiya materialları, liflər və s. istehsal olunur. PVX əsasən, vinilxloridin emulsiyada və suspenziyada perosid inisiatorları iştirakı ilə 4-12 MPa təzyiqdə və 30-70⁰-də polimerləşdirilməsi yolu ilə alınır. Alınan polimer "baş-ayaq" birləşməyə uyğun quruluşa malik olur.

PVX narın toz halındadır. Nisbətən aşağı molekulyar kütləli PVX asetonda, mürəkkəb efirlərdə, xlorlaşmış karbohidrogenlərdə həll olur. Daha yüksək molekulyar kütləli PVX isə tsikloheksanda, dimetilformamiddə, tetrahidrofuranda, dioksanda yaxşı həll olur.

Hər bir elmi tədqiqatda qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün müəyyən bir mahiyyət mövcuddur. Tədqiqatı aparmaqda məqsəd yüksək xassələrə malik polimer kompozitlərin alınması və alınan məmulatların təcrübədə istifadə miqyasının genişliyinə nail olmaqdır. Bu baxımdan üstün xüsusiyyətlərə malik polimerlər seçilmiş və ayrı ayrı kütlə %-i nisbətlərində nümunələr alınmışdır. Üç komponentli sistemdə uyuşmanın müxtəlif nisbətlərində nümunələr alınmış və onların fiziki-mexaniki göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Burada məqsəd götürülən polimerlərin hansı kütlə %-i nisbətlərində daha yaxşı

uyuşduğunu öyrənmək və müvafiq olaraq yüksək fiziki-mexaniki nəticələr əldə etməkdir.

Polimer kompozitlərin xassələri müxtəlif amillərdən- kompoziti təşkil edən polimerlərin kristallığından, amorf xüsusiyyətlərindən, ərimə və qaynama temperaturundan və ən əsası termoplastik dözümlülüyündən asılıdır. Aparılan tədqiqat qeyd olunan göstəricilərə uyğun olaraq yerinə yetirilmişdir.

Müxtəlif ədəbiyyat mənbələrindən məlumdur ki, alınan nəticələrin yüksək göstəricilərə malik olmasına nail olmaq üçün götürülən sistemə müvafiq komponentlərin əlavə edilməsinə ehtiyac duyulur (1).

İki və daha artıq polimerin iştirak etdiyi sistemlər bir sıra üstün xüsusiyyətləri ilə səciyyəvidir. Ekoloji cəhətdən təmiz, fiziki-mexaniki cəhətdən yüksək möhkəmlilik xassəsinə malik rəqabətədavamlı materialın əldə olunması təcrübi cəhətdən məqsədəuyğundur (2).

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq aparılan tədqiqat işində müsbət nəticələr əldə edilmişdir.

Qarışığı təşkil edən komponentlərdən biri YTPE-dir. YTPE bir sıra xassələrinə görə məsələn, aşağı orta ədədi molekul kütləli olmasına görə, nisbətən aşağı kristallığa və sıxlığa malik olmasına görə fərqlənir. Həmçinin YTPE-nin ərimə və qaynama temperaturu da digər PE-lərdən aşağıdır.

Ədəbiyyatlardan məlumdur ki, müxtəlif tərkibli polimer kompozitlər alınmasında və onlara metaloksidi nanohissəciklərini doldurucu kimi daxil edilməsində məhz aktiv sayılan hissəciklər olan nanohissəciklərin stabilləşdirilməsi məqsədi ilə istifadə edilir. Ümumiyyətlə, poliolefinlərin bir sıra üstünlükləri məsələn, geniş temperatur həddində iş qabiliyyətli olması, asan yolla əldə olunması, ekoloji cəhətdən təmiz və təhlükəsiz olması, ucuz başa gəlməsi və s. xüsusiyyətləri onların istifadə sahələrini genişləndirir (3).

PE-nin müsbət xassələri onun digər polimerlərlə yaxşı qatışmasını təmin edir. Əgər YTPE-nin sıxlığının aşağı olduğu da nəzərə alınsa onda kompozit sistem yaranan zaman molekullararası təbəqədə, yəni laylarda PE-nin molekulalarının nisbətən seyrək düzüldüyünü güman etmək olar. Kompozit sistemdə PE daha çox molekuldüzlü quruluşun homogenlik dərəcəsinin artmasında rol oynayır (4).

Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun 2.11 sayılı "Polimer Materiallarının Təkrar Emalı və Ekologiyası" laboratoriyasının əməkdaşları tərəfindən uzun illərdir ki, poliolefinlər və mineral doldurucular əsasında kompozisiyalar hazırlanmış və müxtəlif nisbətlərdə kompozitlər alınaraq xassələrin yaxşılaşdırılması məqsədi ilə sistemə appret kimi laboratoriyada sintez edilən sopolimerlər daxil edilmişdir (5).

Polistirol (PS) – kristallığının nisbətən yüksək olmasına baxmayaraq stereomüntəzəm quruluşuna əsasən molekullararası əlaqələrin formalaşmasında böyük rol oynayır. PS uyuşmaq baxımından digər stereomüntəzəm quruluşa malik PS-lərdən daha uyumludur [6].

Polivinilxlorid oliqomerlər sırasında ən çox yapışdırıcı, möhkəmləndirici xüsusiyyətə malikdir. Bu baxımdan PVX sistemdə adgeziyanı yüksəldir və birbaşa polimerlərin bir-biri ilə uyğunluğunun artmasına səbəb olur (7).

Termoplastların fərqləndirici üstün xüsusiyyətlərini (maya dəyərinin aşağı olması, daha asan və ucuz əldə olunması, stabilliyinin və dözümlülüyünün yüksək olması, geniş temperatur intervalında iş qabiliyyətli olması) nəzərə alınsa istiqamətin doğru seçildiyi və üstün nəticələrin alındığı qənaətinə gəlmək olar (8).

Aparılan təcrübi işlərin davamı olaraq laboratoriya əməkdaşları fərqləndirici üstün

cəhətlərə malik, geniş yayılmış polimerlər əsasında kompozisiyalar hazırlamış və onların bir sıra xassələrinin tədqiqini həyata keçirmişlər.

Kompozit nümunələrinin alınması

Elmi tədqiqatın istiqaməti seçildikdən sonra polimer kompozit nümunələri alınmış və müvafiq olaraq müxtəlif xassələrinin müəyyənəndirilməsi istiqamətində işlər yerinə yetirilmişdir.

Cədvəl

YTPE, PS və PVX qarışığının fiziki-mexaniki göstəriciləri (kompozitin tərkibi q.-la)

No	YTPE	PS	PVX	Möhkəmlik həddi, σ , MPa	Nisbi uzanma, ϵ , %	Vik.-ə görə istiliyə- davamlılıq, T_{vik} , °C	Elastiklik modulu, MPa	ΘAG , q/10dəq
1	30	0	0	10.8	548	135	250	2.8
2	25	0.5	2.5	8.2	46	135.4	245	0.7
3	25	4	1	6.8	14	130	254	1.2
4	25	0.5	3	9.0	14	148	269	0.5
5	25	2	3	9.3	12.5	153	261	0.3
6	25	3	2	8.7	20	143	243	0.4

Hazırlanan kompozit nümunələrin fiziki-mexaniki göstəriciləri cədvəldə təqdim olunmuşdur. Bütün nümunələrdə PE eyni kütlə %-i miqdarında (25%) götürülmüşdür. Bu da PE-nin digər olefinlərə nisbətən daha uyuşma xassəli olduğu ilə əlaqədardır. Cədvələ nəzər saldıqda dartılmada möhkəmlik həddinin qiymətinin (σ) daha yüksək olduğu nümunənin kompoziti təşkil edən komponentlər nisbətinin YTPE/PS/PVX-25/2/3 kütlə %-i miqdarında olduğu görünür. Belə ki, komponentlər nisbəti 25/2/3 kütlə %-i olduğunda dartılmada möhkəmlik həddi $\sigma=9.3$ MPa qiymət alır. Deməli, artıq miqdarda götürülmüş polietilen kompozitin dartma qüvvəsinə müsbət təsir göstərir. Müvafiq olaraq qırılma zamanı nisbi uzanma minimum ($\epsilon=12.5$ %) qiymətə malik olur. Bu da məhz polimer qarışıqlarının müxtəlif nisbətlərində götürülmüş nümunələrinin polietilenin artıq miqdarına uyğun olduqda "sinergik effekt" in yarana bilməsi ehtimalı ilə izah olunur.

Digər fiziki-mexaniki göstəricilərə nəzər saldıqda polietilenin dəyişməz miqdarında (25 q) polistirolun az polivinilxloridin 1 q ondan çox olduğu nümunədə istiliyə davamlılıq xassəsi daha yaxşı olduğunun şahidi oluruq. Bu da polivinilxloridin adgeziya xüsusiyyəti ilə əlaqəlidir. Həmçinin polistirolun ətraf mühitə qarşı həssas olması və nəticədə miqdarının az olduğu kompozit nümunələrin möhkəmliyinin daha yüksək olduğuna gətirib çıxarır.

Tədqiqatın aparılmasında məqsəd məhz bu poliolefin qarışığını təşkil edən komponentlərin hansı nisbətlərinin uyumlu olduğunu və nəticələrin daha yaxşı alınmasını təmin etməkdir.

Aparılan tədqiqatların müqayisəli təhlilinə əsasən belə bir nəticəyə gəlmək olur ki, poliolefinlər əsasında yaradılan kompozitlər polimerlərin üstün və fərqləndirici xüsusiyyətlərindən asılı olaraq yüksək fiziki-mexaniki xassələr göstərir və bu xassələrə görə keyfiyyətli materialların alınmasında aparıcı və mühüm xammal hesab olunurlar.

Təqdim olunan elmi tədqiqat işi iqtisadi və ekoloji cəhətdən əlverişli hesab edilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Bektashi, S.A., Alhanov, P.Sh., Manafov, M.A., Bektashi, N.R., Gulieva, G.N., Jafarov, V.J. O mekhanizme appretiruyushchego deystviya sopolimerov maleinovogo angidrida pri formirovani polimernogo kompozita na osnove polietilena i mineralnux napolniteley // Vestnik Azerbaijanskoy Injenernoy Akademii. 2020. T.12. № 3. s. 81-86
2. Bektaş, N.R., Cəfərov, V.C. Yeni tərkibli ASPE-nin təkrar emalı əsasında doldurulmuş sistemlər. PMİ-50. Sumqayıt. 2016. s. 83
3. Cəfərov, V.C., Alxanov, P.Ş., Mənəfov, M.Ə., Bektaş, S.A., Xəlilova, S.M., Musayeva, G.H. İonomer quruluşlu appretin polimer kompozisiyalarda rolu // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri. 2024. Cild 16, № 1. s. 94-100
4. Cəfərov, V.C., Bektaş, S.Ə., Xəlilova, S.M., Babayeva, G.R., Quliyeva, G.N. Xarici və sərt mühitinə davamlı PK-ların yaradılması // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, 2019, T.11, №2, s. 77-82. (in Azerbaijani)
5. Kablov, V.F, Novopolceva, O.M. Smesi polymerov. - Volgograd, GTU, 2018. 142 c. (in Russian)
6. Kurbanova, N.I., Alimirzoeva, N.A., Kuliev, A.M. and others. The influence of metal-containing nanofillers on the properties of mixed and dynamically vulcanized thermoplastic elastomers based on isotactic polypropylene and ternary ethylene propylene diene elastomer // Plastics. Moscow: 2016. No. 5-6. Pp.25-31
7. Limanova, N.M., Popova, E.S., Ledieva, O.A., Popov, A.A. Svoystva smesey polypropylen-polyetylen nyzkoj plotnosty y fazovaya struktura komponentov // Visokomolekulyarnie soedyneniya, serya A, 1998, tom 40, №1, s. 51-57
8. Paharenko, V.A., Zverlin, V.G., Kirienko, E.M. Napolnennye termoplasti. Spravochnik. Pod red. Lipatova Y.S. K.:Technika, 1986. 182 s.

SUMMARY

This research paper presents the production of composite material samples based on high-density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP), and polyvinyl chloride (PVC) in various component ratios and a study of their physical and mechanical properties. The goal is to study the compatibility of the polymers and produce a new generation of composite materials with superior physical and mechanical properties. Therefore, research into producing new types of composite materials using simple technologies and low production costs is considered relevant, economically, and environmentally beneficial. To ensure polymer compatibility and achieve parameters characteristic of high performance, blends in various ratios were produced using improved olefin properties.

Keywords: *high-density polyethylene, isotactic polypropylene, polyvinyl chloride, polymer composite, tensile strength (σ), elongation at break (ϵ), modulus of elasticity, alloy yield index*

РЕЗЮМЕ

В научно-исследовательской работе представлены получение образцов композиционных материалов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД), полипропилена (ПП) и поливинилхлорида (ПВХ) в различных соотношениях компонентов и исследование их физико-механических свойств. Целью является изучение совместимости полимеров и получение нового поколения композиционных материалов с высокими физико-механическими свойствами. Таким образом, реализация научно-исследовательских работ в направлении получения новых видов композиционных материалов с простыми технологиями и низкой себестоимостью считается актуальной, экономически и экологически выгодной. Для обеспечения совместимости полимеров между собой и достижения параметров, характерных для высоких эксплуатационных показателей, были получены смеси в различных соотношениях на основе улучшенных свойств олефинов.

Ключевые слова: *полиэтилен высокого давления, изотактический полипропилен, поливинилхлорид, полимерный композит, предел прочности при растяжении (σ), относительное удлинение при разрыве (ϵ), модуль упругости, показатель текучести сплава*

DARIDAĞ SÜRMƏ FİLİZİNDƏN TİODUZLARIN ALINMASI-CU₃SBS₄

NURAY ƏZİMOVA¹

azimovanuray653@gmail.com

SEVDA ƏLİYEVƏ²

sevdaeliyeva@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0007-7737-0578>

GÜNEL MEMMEDOVA³

gunelmamadova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-5203-0063>

CAVİDAN DƏMİROVA⁴

cavida.damirova@asoiu.edu.az

<https://orcid.org/0000-0003-4142-8014>

Naxçıvan Dövlət Universiteti (Azərbaycan)
Azərbaycan Neft və Sənaye Universiteti (Bakı)

XÜLASƏ

Başlanğıc maddə kimi Darıdağ sürmə filizindən istifadə olunub. Darıdağ sürmə filizindən şlippe duzu əldə etmişik. Şlippe duzunun (Na₃SbS₄·9H₂O) mis xloridlə (CuCl) qarşılıqlı reaksiyasından tişodiyz sintez edilir. Sintez olunan tişodiyz duzun fizik-kimyəvi xassələri araşdırılmışdır. Məlum olur ki, şlippe duzundan alınan mis tiştibiat (Cu₃SbS₄) Mis(I) tiştibiatın əmələ gəlməsinin hidrogen ionlarının qatılığından asılılığı ([Sb] 1.10–1 M, [Cu] = 1.10–1 M. Tem-r. 25 °C) hesablanmış və cədvəl şəklində verilmişdir. Cədvəldən görünür ki, pH-ın minimum qiymətinə yaxın reaksiya gedir. pH 5-dən yuxarı olanda oksidləşmə prosesi ilə əlaqədar reaksiya getmir.

Açar sözlər: mis tiştibiat, mis (I) xlorid, sintez, natrium tiştibiat

Giriş

Üçlü mis-stibium sulfid nanokristalları (CAS NCs) yaxın IB rejimində tənzimlənmə bilən qadağan olunmuş zonasına görə fotovoltailərdə və fotoelektrik nanoqurğularda istifadəsi maraqlıdır. Bu metoddan istifadə etmək (1, s. 12958-12962) işində müxtəlif morfolojiyalara, kompozisiyalara və zolaq boşluqlarına malik olan yüksək keyfiyyətli düzbucaqlı formalı CuSbS₂-nin nano vərəqləri (NS), triqonal-piramida quruluşlu Cu₁₂Sb₄S₁₃ rombik quruluşlu Cu₃SbS₃-in NS-ləri uğurla sintez edilmişdir.

Mis stibium sulfidin (CAS) monodispers nanokristallarının sintez üsulu haqqında ilk dəfə (2, s. 11466-11469) işində məlumat verilir. Bu material I-V-VI yarımkeçirici nanokristalların və ümumiyyətlə sürmə əsaslı nanokristalların yeni sinfini göstərir. Burada sintez edilən yeni CAS nanokristalları UV-vis-NIR dalğa uzunluqları həddində şüaları udur və yaxın infraqırmızı detektorlarda, həmçinin telekommunikasiya, termoelektrik və günəş fotovoltailik cihazlarında tətbiq üçün uyğundur (3, s.605-610).

Fotovoltailik tətbiqlər üçün Cu-Sb-S sistemindəki fazalar, Cu₂S və Sb₂S₃ materiallarının maqnitronla birgə səpilməsi yolu ilə sintez edilmişdir (4, s. 499-506; 5, s. 181-189; 6 s. 7840-7847). Müəyyən edilmişdir ki, morfolojiya, kristal faza tərkibi və elektron quruluşu mis-stibium-sulfid (CAS) sistemindəki birləşmələrin kimyəvi tərkibdən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Qarşılıqlı təsir nəticəsində Cu₉S₅(digenit), Cu₁₂Sb₄S₁₃ (tetrahedrit), CuSbS₂ (xalkostibit) və Sb₂S₃ (stibnit) birləşmələri alınmışdır. Sintez edilən iki üç fazadan CuSbS₂-nin ən yüksək potensiala malik olduğu aşkarlansa da, aşağı temperaturda çöküntülərin olması səbəbindən onun elektrik keçiriciliyi bir neçə dəfə artır. İşinə görə sintez olunmuş

CuSbS₂ birləşməsinin nazik təbəqəsinin optiki udma spektrindən hesablanmış qadağan olunmuş zonanın eni $\Delta E=1.5$ eV təşkil edir. Bu araşdırmanın nəticələrinə görə CuSbS₂ tolerant emal pəncərəsi, tənzimlənən daşıyıcı konsentrasiyası, yüksək udma əmsalı günəşlə uyğun kimyəvi rabitəyə və yüksək udma əmsalına malik olması sayəsində günəş enerjisinin çevrilməsi üçün istifadə oluna bilər.

Yüksək keyfiyyətli yarımkeçirici famatinit-Cu₃SbS₄ nanolifləri və tetraedrit -Cu₁₂Sb₄S₁₃ nanohssəcikləri müvafiq olaraq, yumşaq hidrotermal və solvotermal sintez yolları ilə seçici şəkildə sintez edilmişdir (7, s. 301-303). Reaksiya prosesinin dinamikasını tənzimləmək üçün müvafiq reaksiya mühitini seçməklə məhsulların morfolojiyası və faza tərkibini uğurla idarə etmək olar. Fematinit nanoliflərin və tetraedrit nanoflakların seçici sintezi və xarakteristikasını ümumi halda aşağıdakı kimi ifadə etmək olar.

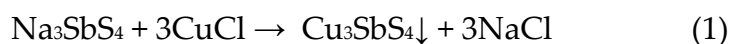
CuSbS₂-nin heteroquruluşlu nazik təbəqəli nümunəsi günəş hüceyrəsindəki absorber təbəqə üçün potensial mürəkkəb yarımkeçirici hesab olunur (8, s. 413-419). Sprey piroliz texnikası ilə CuSbS₂-in nazik təbəqələri 220-280°C temperatur aralığında intervalında şüşə altlıqlar üzərində sintez edilmişdir. Quruluş və optik analizlər 260°C-də çökdürülmüş təbəqələrin xalkostibit quruluşlu CuSbS₂ olduğunu aşkar etmişdir. CuSbS₂ nazik təbəqələrinin qəfəs parametrləri müvafiq olaraq $a=0,599$, $b=0,379$ və $c=1,449$ nm təşkil edir. CuSbS₂ nazik təbəqəliyinin qadağan olunmuş zonasının ən yüksək nəzəri fotovoltaiq çevrilmə səmərəliliyi üçün tələb olunan optimal qadağan olunmuş zonasına (1.5eV) yaxındır. Optiki udma əmsalının qiyməti 104 sm^{-1} olub, p-tiplidir.

Material və metodlar

Təcrübələr üçün 0,1M natrium tiostibit məhlulu (Na₃SbS₄·9H₂O) və ikinci komponent kimi ammonium hidrosiddə həll edilmiş mis (I) xloridin 0,1M məhlulu hazırlanmışdır. Natrium tiostibit məhlulunun ölçülən miqdarına mis (I) xlorid məhlulunun ekvivalenti əlavə edildi və nəticədə tədricən qaramtıl-qəhvəyi çöküntü əmələ gəldi. Lakin çöküntü məhluldan dərhal ayrılır.

Natrium tiostibit məhlulunun ilkin pH-ı 11-12 arasında dəyişir. Ammonium hidrosiddə mis (I) xlorid məhlulu əlavə edildikdə, mühitin pH-ı bir qədər dəyişdi və 9-10 aralığında sabitləşdi. Sonra pH tədricən azaldıldı və 3-4-ə düzəldildi. Məhlul 7-10 dəqiqə qarışdırıldı, bundan sonra çöküntü süzüldü, ardıcıl olaraq distillə edilmiş və ultratəmiz su ilə yuyuldu və sabit kütlə əldə olunana qədər 105°C-də quruduldu.

Süzgəcdə mis ionlarının izləri aşkar edilmişdir ki, bu da onların sistemə daxil olmasını təsdiqləyir. Alınan nümunənin ilkin kimyəvi analizi antimon, mis və kükürd ionlarının olduğunu aşkar etdi. Bundan əlavə, filtratda antimon ionlarının olmaması yalnız reaksiyanın aşağıda verilmiş tənliyə uyğun getdiyini təsdiqləyir, həm də reaksiyanın tamamlanması üçün bir işarə rolunu oynayır.



Çöküntünün məhluldan sürətlə ayrılması prosesin tamamlanmasını təsdiq etməklə yanaşı, məhlulun süzülməsini də asanlaşdırır.

Müvafiq olaraq, tərkibində 192 mq mis olan 45 ml mis (I) xlorid məhlulu 10 ml natrium tiostibiat məhluluna ($[\text{Sb}] = 121,4$ mq) ekvivalent hesab edilmişdir. Nəticələr cədvəl 1-də ümumiləşdirilmişdir.

Cədvəl 1

Mis(I) tiostibiatın əmələ gəlməsinin hidrogen ionlarının qatılığından asılılığı
[Sb] $1 \cdot 10^{-1}$ M, [Cu] = $1 \cdot 10^{-1}$ M. Tem-r. 25°C

S \ №	Na ₃ SbS ₄ , ml	CuCl, ml	pH 9-10	Cu ₃ SbS ₄ -ün nəzəri küt.,mq	Cu ₃ SbS ₄ -ün təcrübi küt., mq
1	10.00	45	7-6	481.7	428.17
2	10.00	«__»	5-4	«__»	461.65
3	10.00	«__»	3-2	«__»	463.8
4	10.00	«__»	2-1	«__»	471.70
5	10.00	«__»		«__»	480.19

Yuxarıda göstərilən prosedura uyğun olaraq, müəyyən həcmdə natrium tiostibitat məhluluna ekvivalent miqdarda diamin mis (I) xlorid kompleksi məhlulu əlavə edildi və qarışıq maqnit qarışdırıcı ilə 15 dəqiqə ərzində 20-35 °C temperaturda qarışdırıldı. Əvvəlcə məhlulun pH-ı 7-6 arasında dəyişdi. Diamin mis (I) əlavə edildikdən sonra. natrium tiostibitat məhluluna xlorid kompleksi məhlulu, pH 2-1-ə qədər azaldı. pH cədvəldə göstərilən səviyyələrə uyğunlaşdırıldığı üçün aşağıdakı müşahidələr aparılmışdır 1-2 pH-da çöküntü əmələ gəldi, lakin onu məhluldan ayırmaq çətin idi. Hidrogen ionlarının konsentrasiyası artdıqca çöküntünün ayrılması asanlaşdı.

Təcrübələr göstərdi ki, mis (I) xlorid ammoniyak kompleks məhlulunu hissə-hissə əlavə etdikdən sonra pH tədricən tənzimləndikdə (saf sirkə turşusundan istifadə etməklə) birləşmənin tam əmələ gəlməsi baş verir. Natrium tiostibitat məhlulu pH 7-6-da tez hidrolizləşdiyindən, sürətli pH dəyişməsi uzun parçalanmasına səbəb olub, antimon (V) sulfid və hidrogen sulfid əmələ gətirir. Buna görə məhlulda hidrogen sulfid qoxusunun əmələ gəlməsinin qarşısını almaq vacibdir. Tamamlandıqdan sonra çöküntü məhluldan ayrılır, şüşə filtrdən süzülür, yuyulur, qurudulur və kütləsi müəyyən edilir. Alınan nəticələrə əsasən belə nəticəyə gəldi ki, proses üçün optimal pH 1-2 diapazonunda olmalıdır. Reaksiya tənliyi və eksperimental nəticələrlə göstərildiyi kimi, reaksiya mis (I) tiostibiatın əmələ gəlməsi ilə başa çatdı.

Nəticələr

Mis tiostibiat birləşməsi şlippe duzundan otaq temperaturunda alınır və fiziki-kimyəvi xassələrinə görə sulfoduzdur. Mis(I) tiostibiatın əmələ gəlməsinin hidrogen ionlarının qatılığından asılılığından görünür ki, birləşmə turş mühitdə reaksiyaya girir.

ƏDƏBİYYAT

1. Joel, E.V. and Tachibana Y. Synthesis and characterisation of famatinite copper antimony sulfide nanocrystals // J. Mater. Chem., 2012 (22), p. 11466-11469
2. Xu, D. Selective Synthesis of Ternary Copper–Antimony Sulfide Nanocrystal / Shen S., Zhang, Y., Gu, H., Wang, Q. // Inorg. Chem. 2013, vol.52 (22), p.12958–12962

3. Jiao, S. Hydrothermal synthesis and magnetic properties of CuSb_2O_6 nanoparticles and nanorods / Pang G., Liang H., Chen Y. & Feng S. // Journal of Nanoparticle Research, 2007, vol.9, p, 605-610
4. Adam, W.W. Self-regulated growth and tunable properties of CuSbS_2 solar absorbers / Zawadzki, P.P., Colin, S. L., Zakutayev, A.W. // Solar Energy Materials and Solar Cells. 2015, Vol. 132, p. 499-506
5. Dimitrov, R. and Boyanov, B.. Oxidation of Metal Sulphides and Determination of Characteristic Temperatures by DTA and TG // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2004, vol.61 : Issue: Issue 1, p.181-189
6. Suehiro, S. Synthesis of Copper-Antimony-Sulfide / Horita K., Yuasa M., Tanaka T., Fujita K., Ishiwata Y., Shimano K., Kida T.. // Nanocrystals for Solution-Processed Solar Cells. Inorg Chem. 2015, vol. 54(16), p.7840-7845
7. Changhua, J. Ying, T. Kaibin and Q. Yitai. Selective synthesis and characterization of famatinite nanofibers and tetrahedrite nanoflakes // J. Mater. Chem., 2003 (13), p.301-303
8. Nagamalleswari, D., Kumar, K., Ganesh, V. Effect of substrate temperature on the growth of CuSbS_2 thin films by chemical spray pyrolysis. // Physica B: Condensed Matter, vol. 616 (1) September 2021, p. 413 -419

o-ETİLAMİNİN OKSİDLƏŞMƏSİ

PƏRVİN QULİYEV

pervinquliyev@ndu.edu.az

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

FİRDQVSI QASIMOV

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

Açar sözlər: *oligoqomer, oksidləşmə, polikondesləşmə, turş mühit, karbon qazı*

Məqalə zəif turş mühitdə o-etilanilinin natrium hipoxloritin suda məhlulu ilə oksidləşmə polikondesləşməsinin nəticələrinə həsr olunubdur. o-Etilanilinin natrium hipoxloritin suda məhlulu qarışığından karbon qazı keçirtdikdə, 50 dəqiqə müddətində reaksiya qarışığının temperaturu 280-dən 290-a K qədər artır. Bu müddət ərzində pH mühit 10,5-dən 5,4-dək azalır. Bu faktlar sübut edir ki, bu şəraitdə o-etilanilin oksidləşmə polikondesləşməyə çox meyillidir və oligoetilanilinin yüksək çıxımla əmələ gəlir. Karbon qazı iştirakında bir saat ərzində 55% oligoqomer əmələ gəlir. o-Etilanilinin bir moluna qarşı natrium hipoxloritin miqdarını bir moldan dörd moladək artırılması nəticəsində 323 K-da 5 saat ərzində oligoqomerin çıxımı 94%-dək artır.

Oliqoarilenaminlər tərkibində aromatik nüvələr arasında imin qrupları bərabər paylandığına görə azot atomlarının sərbəst elektronları da makromolekul boyunca delokallaşmada iştirak edir (1). Buna görə də, bu oligoqomerlər termodavamlı olub, polimer elektrodların, yarımkeçiricilərin hazırlanmasında, həmçinin epoksid qətranı ilə yüksək möhkəmliyə və istiyə davamlı materialların alınmasında geniş istifadə edilirlər (2, 3). Lakin bu oligoqomerlərin sintezi mürəkkəb şəraitdə, aqressiv oksidləşdirici və katalizatorların iştirakında aparılır və zərərli tullantılar əmələ gəlir (4, 5).

Bir neçə otaq temperaturunda ion mayelərində (RTILs), $[C_2 \text{ mim}][NTf_2]$, $[C_4 \text{ mim}][NTf_2]$, $[C_6 \text{ mim}][FAP]$, $[C_4 \text{ mpyrr}][NTf_2]$, $[C_4 \text{ mim}][BF_4]$, $[CF_4]$, və $[P]$ -də etilamin qazının elektrokimyəvi davranışı müəyyən edilmişdir. Tsiklik voltametriyadan istifadə edərək Pt mikroelektroda təxminən 3 V-də geniş oksidləşmə dalğası, iki reduksiya zirvəsi və başqa bir oksidləşmə zirvəsi müşahidə edilmişdi. Alınan voltametriya əsasında mürəkkəb mexanizm proqnozlaşdırılır, ehtimal olunan əlavə məhsul kimi ammoniyak qazı ayrılır. Əldə edilən cərəyanlar etilaminin yüksək həllolma qabiliyyətinə malik olduğunu göstərir ki, bu da qazı hiss edən tətbiqlər üçün vacibdir. Daha sonra etilaminin analitik faydası tədqiq edilmişdir. R^2 dəyəri 0,99 və aşkarlanma hədləri müvafiq olaraq 33 və 34 ppm olan xətti kalibrləmə qrafiki əldə edilmişdir ki, bu da yüksək zəhərli etilamin qazının elektrokimyəvi aşkarlanması üçün əlverişli uçucu olmayan həlledicilər olduğunu göstərir.

Asetaldehid və dietil efirinin alifatik aminlər və iminlər tərəfindən yavaş qaz fazalı oksidləşməsinin tormozlanması 120-180°C arasında tədqiq edilmişdir. İzotopik olaraq etikətlənmiş birləşmələrin nəticələri təsdiqləyir ki, inhibə ən azı qismən yanacaqdan əldə edilən zəncir daşıyıcıları tərəfindən azot tərkibli birləşmələrdən hidrogen atomlarının çıxarılması ilə bağlıdır. Aminlərə gəldikdə həm aminlərin, həm də onlarla reaktivlər (və ya reaksiya məhsulları) arasındakı qarşılıqlı təsir nəticəsində əldə edilən birləşmələrin fenomen üçün cavabdeh olduğu göstərilir. Oksidləşmə üçün su vacib olsa da, oksidləşmə

mühiti kimi 40% sulu dimetilformamiddən istifadə etməklə onun mövcudluğu minimuma endirilib. Bu, həm oksidləşmə sürətini onun diffuziyadan asılılığını aradan qaldırmaq üçün kifayət qədər gecikmə yaradır, həm də amin peryodat məhlulu ilə əvəz edildikdə etilamin tərəfindən əmələ gələn şişkin strukturun çökmə dərəcəsini azaldıb. Açıq strukturu saxlamağın tapılan ən yaxşı yolu etilaminlə işlənmiş materialın qismən asetilləşdirilməsindən ibarətdir. Bu, təmizlənməmiş pambıqda baş verənlərə nisbətən 1,2-diol qruplarına dövrü olaraq daha çox təsadüfi hücumla nəticələnmişdir (6).

Turş mühitdə platin monokristal elektrodlarında etilamin oksidləşməsini təhlil etmək üçün tsiklik voltammetriya (CV) və Furrye transformasiyasının infraqırmızı əks etdirmə-udma spektroskopiyası (FT-IRRAS) birləşdirilir. $Pt(hkl)$ elektrodlarında etilaminin oksidləşməsi infraqırmızı spektroskopiya ilə insitu aşkar edilmiş və adsorbsiya olunmuş sianid təbəqələrinin əmələ gəlməsinə səbəb olmuşdur. $Pt(111)$ vəziyyətində yaranan adsorbsiya edilmiş siyanid kifayət qədər sabitdir, əksinə adsorbsiya edilmiş CN-yə bənzər növ $Pt(100)$ üzərində yüksək reaktivdir. Elektrod 0,7 V-dan yuxarı polyarlaşmada və ya 0,4 V-dan aşağıda adsorbsiya edilmiş CO_2 verir. Etilaminin bu vəziyyətində adsorbsiya edilmiş növlər metilaminlə müqayisədə daha az əhatə dairəsində mövcuddur. Bir hidrogen atomunun metilamində bir metil qrupu ilə əvəz edilməsi amin molekulunu daha sabit edir. Beləliklə, etilamin davranışı metilamin molekulunu ilə müqayisədə onun daha aşağı elektrokimyəvi reaktivliyinə dəlil verir (7).

Etilaminin qaz halında oksidləşməsinin ətraflı tədqiqi aparılmışdır. Təxminən $200^{\circ}C$ temperaturda reaksiya az avtokatalitik xarakter daşıyır və səthə həssaslığın və normal olaraq qaz oksidləşmə prosesləri ilə əlaqəli digər xüsusiyyətlərin təəccüblü olmamasıdır. Bu şəraitdə əsas reaksiya məhsulları birincili və ikincili aminlər və asetaldehid. İki fərqli mexanizm eyni vaxtda işləyir, biri etilamin və asetaldehid, digəri isə dietilamin və asetaldehid yaradır. Reaksiya davam etdikcə sonuncu proses sürətlə öz-özünə maneə törədir. Təklif edilir ki, birinci proses aralıq peroksi-radikalların unimolekulyar parçalanmasını əhatə edir, digər reaksiya isə müvafiq hidroperoksidin əmələ gəlməsi ilə gedir. Daha yüksək temperaturda reaksiyanın avtokatalitik xarakteri artır və sadə məhsulların, xüsusən asetaldehidin məhsuldarlığı kəskin şəkildə aşağı düşür. Aşağı temperaturalarda əldə edilən bir qədər qeyri-adi nəticələr əsasən aminlərin qaz oksidləşmə proseslərinə təsir edən güclü inhibə edici təsirinə aid edilə bilər. Temperatur yüksəldikcə müşahidə edilən davranış karbohidrogenlərin oksidləşməsində müşahidə olunan davranışa daha çox bənzəyir, çünki inhibə üçün cavabdeh olan birləşmələr ikinci dərəcəli reaksiyalarla məhv edilir.

Qaz halında olan o-etilaminin oksigenlə reaksiyasının kinetikasına dair bir araşdırma aparılmışdır. Oksidləşmə zamanı azot atomu molekuldan xaric edildiyi üçün müxtəlif mərhələlərdə əmələ gələn məhsulların təhlili karbohidrogenlərin öyrənilməsində mövcud olmayan reaksiya mexanizmi haqqında dəlillər verir. Oksidləşmə sürətinin zamanla dəyişməsi $dp / dt = B e^{ct} + D$ tənliyi ilə təmsil oluna bilər və reaksiyaya girən maddələrin təzyiqlərinin və temperaturun C və D -yə təsiri müəyyən edilmişdir. İnert qazlar oksidləşmənin gedişinə təsir göstərmir, lakin səthin artması reaksiyaya girən qarışığın tərkibindən asılı olaraq reaksiyanı maneə törədir. Oksidləşmənin sonrakı mərhələləri ikinci reaksiyalarla çətinləşdiyindən, ilkin mərhələlər üçün analitik nəticələr baş verən əsas kimyəvi reaksiyalar haqqında ən faydalı məlumatları verir. Birləşdirilmiş azotun böyük

hissəsi əvvəlcə ammoniyakə çevrilir, lakin az miqdarda azot oksidləri də əmələ gəlir. Oksigen təzyiqinin artması ilə ammoniyakın konsentrasiyasının aşağı salınması və azot oksidlərinin konsentrasiyasının artması hər iki məhsulun NH_2 -radikallarının əsas reaktivlərlə reaksiyasından yarandığını göstərir. Bu radikalların mənbələrindən biri, ehtimal ki, konsentrasiyası reaksiya sürətinə nəzarət edən $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{--O--H}$ kimi aralıq peroksidlərin parçalanmasıdır. Belə bir parçalanma təxminən bərabər miqdarda formaldehid və ammoniyak əmələ gətirməlidir. Lakin bu məhsulların qeyri-ekvivalentliyi onu göstərir ki, ammoniyakın əsas hissəsi başqa yolla əmələ gəlir və güman edilir ki, $\text{NH}_2\text{--CH}_2\text{--O--O}$ kimi peroksid radikalları, adətən nəzərdə tutulduğu kimi peroksidi vermək üçün metilaminlə reaksiyaya girmək əvəzinə, monomolekulyar olaraq ammonid və karbon əldə etmək üçün parçalana bilərlər. Oksidləşmənin sadələşdirilmiş nəzəriyyəsini qurmağa, təklif olunan bəzi reaksiya mərhələlərinin nisbi tezliklərini qiymətləndirməyə və bununla da sürət sabitlərinin müəyyən nisbətlerini hesablamağa cəhd edilir. Təklif olunan mexanizm eksperimental olaraq tapılanlarla sıx uyğunlaşan kinetik əlaqələrə gətirib çıxarır.

Tədqiqat işinin əsas hissəsi o-etilanilinin turş mühitində natrium hipoxlorit məhlulu ilə oksidləşmə-polikondensləşmə reaksiyası ilə oliqoetilanilinin yeni, sadə sintez metodunun tədqiqinin nəticələrinə həsr edilmişdir. Turş mühit yaratmaq üçün əvvəllər istifadə edilən aqressiv xlorid turşusu son məhsulun çirklənməsinə və tərkibinin bircinsliyinin pozulmasına səbəb olduğundan bu prosesdə iqtisadi cəhətdən əlverişli olan karbon qazından istifadə edilmişdir.

Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, o-etilanilinin natrium hipoxlorit məhlulu qarışığından karbon qazı keçirtdikdə reaksiya qarışığının temperaturu 50 dəqiqə ərzində 280 K-dən 290 K-ə qədər artır və qara rəngli maddə əmələ gəlir. Bu zaman müddətində reaksiya mühitinin pH-ı 10,5-dən 5,4-ə qədər azalır.

Cədvəl 1.

No	o-Etilanilinin: NaOCl	T,K	Zaman,saat	pH	Oliqomerin çıxımı
1	1:1	323	3	-	22
2	1:1	323	5	-	30
3	1:2	323	3	-	42
4	1:2	323	5	-	48
5	1:3	323	3	-	58
6	1:3	323	5	-	64
7	1:4	323	5	-	94
8	1:3	323	1	-	55
9	1:3	323	3	-	67
10	1:3	323	6	-	74
11	1:3	323	7	-	78
12	1:3	298	1	6,5	41
13	1:3	298	1	5,8	57
14	1:3	298	1	5,4	82
15	1:3	323	5	5,4	96

Qısa müddət ərzində kifayət qədər çıxımla oliqoetilanilinin əmələ gəlməsi, bu şəraitində o-etilanilinin oksidləşmə-polikondensləşmə reaksiyasında yüksək reaksiya

qabiliyyətli olduğunu göstərir. Cədvəldən göründüyü kimi bir saat müddətində karbon qazı iştirakında o-etilanilinin natrium hipoxloritlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində 55% oliqomer əmələ gəlir. Sonrakı altı saat ərzində oliqomerin çıxımı 23% artır. Təcrübənin nəticələri göstərdi ki, karbon qazı iştirakında o-etilanilinin natrium hipoxloritlə oksidləşmə-polikondensləşmə reaksiyasının gedişi reaksiyanın şəraitindən çox asılıdır. Belə ki, karbon qazı iştirakında o-etilanilinin natrium hipoxloritlə oksidləşmə-polikondensləşmə şəraitinin oliqoetilanilinin çıxımına təsiri temperaturdan, mühitin pH-ından və reagentlərin molyar nisbətindən asılıdır. Bu şəraitdə oliqoetilanilinin çıxımı o-etilanilinin və oksidləşdiricinin molyar nisbətindən kifayət qədər asılıdır. Belə ki, natrium hipoxloritin miqdarını o-etilanilinin bir moluna görə, 4 mola qədər artırıdığında 323 K temperaturda 5 saat müddətində çıxım 94% qədər artır. Temperaturu 298 K- dan 323 K-nə qədər artırıdığında oliqomerin çıxımı bir qədər azalır. Bu onunla əlaqədardır ki, temperatur artdıqda natrium hipoxloritin parçalanma sürəti onun etilanilinlə qarşılıqlı təsiri sürətindən artıq olur. Oksidləşmə-polikondensləşmə reaksiyasının gedişinə pH böyük təsir göstərir. Belə ki, zəif turş mühidə (pH=6,5) oliqoetilanilinin çıxımı 41% olur. Oliqoetilanilinin maksimal çıxımı pH=5,4 əmələ gəlir. Bu faktlar onu göstərir ki, karbon qazı qələvini neytrallaşdırır və reaksiya qabiliyyətli etilanilin duzu əmələ gətirir. Karbon qazının təsirindən əmələ gələn hipoxlorit turşusu asanlıqla etilanilin duzunu oksidləşdirir.

Bir neçə amin birləşməsinin adsorbsiyası ultra yüksək vakuum (UHV) şəraitində geniş şəkildə tədqiq edilmişdir və orada göstərilən vəziyyətlər əsaslı şəkildə təhlil edilmişdir. Əksinə, bu cür birləşmələrin elektrokimyəvi davranışının öyrənilməsinə az sayda əsər həsr edilmişdir. Bu tədqiqatlar platinləşdirilmiş Pt, Au və Pb-Ag ərintisi elektrodları üzərində aparılmışdır. Elektrokimyəvi mühidə monokristal səthlərdə etilamin adsorbsiyasının tədqiqinə həsr olunmuş yalnız bir əsas nəticə müəyyən edilmişdir. Bu elektrodlar üzərində etilamin davranışı hələ təsvir edilməmişdir. Qələvi mühidə (6) yerinə yetirilən insitu radiotraser adsorbsiya təcrübələri aşkar etdi ki, etilamin davranışını polikristal platin elektrodlarında qlisininkindən ayırmaq mümkün deyil. Bundan əlavə, kimyasorbsiyalı CN⁻ ionları qələvi mühidə kimyəvi sorbiyalı metilamin növləri ilə eyni şəkildə davranır. Bu əsasda bütün hallarda oxşar kimyasorbsiyaya uğramış növlərin (adsorbsiya edilmiş sianid ionlarının) mövcudluğu təklif edilmişdir. Platinləşdirilmiş platin elektrodada etilendiaminin adsorbsiyası radiotraser üsulları ilə də tədqiq edilmişdir (7). Göstərilmişdir ki, kimyasorbsiya həm qələvi, həm də turşu mühidə baş verir, lakin hər bir halda əmələ gələn kimyasorbiyalı növlərin təbiətində əhəmiyyətli fərq var. Turşu mühidində güclü adsorbsiya olunan növlərin reduktiv desorbsiyasını müşahidə etmək olar. Əksinə, qələvi məhlullarda etilendiamindən əmələ gələn adsorbsiya edilmiş növlər reduktiv müalicə ilə səthdən çıxarıla bilməz. Bu davranış eyni radiotraser texnikasından istifadə edərək digər amin birləşmələri (glisin, serin və alanin) üçün tapılanlara çox oxşardır.

ƏDƏBİYYAT

1. Broich, B., Hocker, I. // Ber-Bunsenges Phys. Chem. 1984, V. 88. № 5 c.
2. Huerta, F., Morallón, E., Peres, JM., Vazquez, JL. Turşu mühidində Pt monokristal elektrodlarında metilamin və etilamin oksidləşməsi. Elektroanalitik Kimya Jurnalı, Cild 469, Sayı 2 ,9 iyul 1999, s. 159-169

3. K. Murugappan, C. Kang, D. S. Silvester Electrochemical Oxidation and Sensing of Methylamine Gas in Room Temperature Ionic Liquids. *The Journal of Physical Chemistry C*, Vol 118/Issue 33. July 25, 2014.
4. Берлин, А.А., Гейдер, М.А., Давыдов, Б.Е., Каргин, В.А., Картачева, Г.П., Кренцел, Б.А., Хутарева, Г.В. «Химия полисопряженных систем», М.: Химия, 1972
5. Рагимов, А.В., Тагиев, Б.А., А.Г.А. С Мамедова 854960, СССР // Б. Н. 1980, № 30, с.112
6. Касумов, Ф.Х., Рагимов, А.В. Окисление анилина в слабокислой среде // Тез. докл. Нахичевань. 1986. с.58
7. Рагимов, А.В., Касумов, Ф.Х., Кузаев, А.И. Синтез и исследование олигофениленамина // Высокомолек. соед.-1988 №11 с. 804-807

SUMMARY

Parvin Guliyev, Firdovsi Gasimov

OXIDATION OF o-ETHYLAMINE

The article is devoted to the results of the oxidative polycondensation of o-ethylaniline with an aqueous solution of sodium hypochlorite in a weakly acidic medium. When carbon dioxide is passed through a mixture of o-ethylaniline and an aqueous solution of sodium hypochlorite, the temperature of the reaction mixture increases from 280 to 290 K within 50 minutes. During this period, the pH of the medium decreases from 10.5 to 5.4. These facts prove that under these conditions, o-ethylaniline is very prone to oxidative polycondensation and oligoethylaniline is formed in high yield. In the presence of carbon dioxide, 55% of the oligomer is formed within one hour. Increasing the amount of sodium hypochlorite from one mole to four moles per mole of o-ethylaniline results in an increase in the yield of oligomer to 94% within 5 hours at 323 K.

Keywords: oligomer, oxidation, polycondensation, acidic medium, carbon dioxide

РЕЗЮМЕ

Парвин Гулиев, Фирдовси Гасымов

ОКИСЛЕНИЕ o-ЭТИЛАМИНА

Статья посвящена результатам окислительной поликонденсации o-этиланилина с водным раствором гипохлорита натрия в слабокислой среде. При пропускании диоксида углерода через смесь o-этиланилина и водного раствора гипохлорита натрия температура реакционной смеси повышается с 280 до 290 К в течение 50 минут. За это время pH среды снижается с 10,5 до 5,4. Эти факты свидетельствуют о том, что в данных условиях o-этиланилин весьма склонен к окислительной поликонденсации, и олигоэтиланилин образуется с высоким выходом. В присутствии диоксида углерода в течение одного часа образуется 55% олигомера. Увеличение количества гипохлорита натрия с одного моля до четырех молей на моль o-этиланилина приводит к увеличению выхода олигомера до 94% в течение 5 часов при 323 К.

Ключевые слова: олигомер, окисление, поликонденсация, кислая среда, диоксид углерода

BİLƏV ALÜMINIUM SULFAT SÜXURUNDAN KALIUM - ALÜMINIUM SULFATIN ALINMASI

PAKİZƏ MƏMMƏDOVA¹

pakizememmedova98@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2919-527X>

FİDAN SEYİDOVA¹

fidann2710@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-9182-4362>

RAFİQ QULİYEV¹

qraf1945@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0005-7519-8028>

NAZİLƏ MAHMUDOVA¹

nazile.mahmudova.2017@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-6834-5812>

¹Tabii Ehtiyatlar İnstitutu

XÜLASƏ

Naxçıvan Muxtar Respublikasının Culfa rayonunun Biləv kəndi yaxınlığında yerləşən Zəylik dərəsi geoloji baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edən ərazilərdən biridir. Bu bölgədə alüminium sulfat tərkibli süxurun təbii şəkildə yer səthinə çıxışı müşahidə olunur. Aparılmış geoloji kəşfiyyat və analitik tədqiqatlar nəticəsində həmin süxurdan götürülmüş nümunələr kimyəvi və fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə araşdırılmışdır. Alınan nəticələr süxurun əsas komponentlərinin alüminium sulfat və kalium alüminium zəyindən ibarət olduğunu göstərmişdir. Bundan əlavə, süxurun tərkibində qum, gil, su, əhəngdaşı və dəmir birləşmələri kimi müxtəlif mineral əlavələrin də mövcudluğu müəyyən edilmişdir ki, bu da onun geokimyəvi mənşəyi və formalaşma şəraiti haqqında daha dolğun təəvvür yaradır.

Biləv alüminium süxurunun hiqroskopik xüsusiyyətləri 90–100°C, 340–350°C və 500–520°C temperatur intervalında qızdırılmaqla öyrənilmiş, həmçinin temperaturun dəyişməsinin süxurun suda həllolma qabiliyyətinə təsiri araşdırılmışdır. Süxur su ilə müxtəlif nisbətlərdə işlənərək ondan alüminium sulfat və kalium alüminium sulfat zəyinin əldə olunması üçün praktiki metodika hazırlanmışdır. Zəylər ümumi $\text{Me}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Me}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ formuluna malik ikiqat sulfat kristalhidratları olur. Onların tərkibinə birvalentli natrium, kalium, rubidium, sezium, tallium, ammonium ionu və s. üçvalentli metallardan alüminium qallium, indium, vanadium, xrom, manqan, dəmir, kobalt, rutenium, iridium və b. daxil ola bilər.

Açar sözlər: Biləv alüminium süxuru, kalium – alüminium zəyi, kimyəvi və fiziki- kimyəvi analiz, termogramma, differensial -termiki analiz

Giriş

Alüminium süxurları yer qabığında geniş yayılmışdır. Ancaq alüminium zəyi şəklində çox nadir hallarda yataq əmələ gətirir. Naxçıvan Muxtar Respublikası belə nadir bölgələrdən biridir. Culfa rayonunun Biləv kəndi yaxınlığında, Zəylik dərəsində alüminium sulfat və alüminium- kalium zəyinin yer səthinə çıxışı vardır. Həmin yerdən nümunə götürüb analiz etdik. Məlum oldu ki, süxurda alüminium sulfatın miqdarı 46,8-52% təşkil edir. Bu süxurda 4-5% kalium olduğundan alüminium sulfatın 40%-i kalium-alüminium zəyi şəklindədir. Alüminium sulfat yataq əmələ gətirən maddədir. Alüminium sulfatın və zəyin belə bir xüsusiyyəti var ki, qaya və dağ çatlarından süzülərək səthə çıxır və "pambıqlaşaraq" ağ "göbələklər" (xüsusilə yağışdan sonra) əmələ gətirir. Zəy sözü

maddənin büzüşdürücü, turş tamına görə verilmişdir. Zəylər çox qədimdən məlumdur. Onlar, əsasən, parçaların boyanmasında, tumac dərilərin hazırlanmasında tətbiq edilmişdir. Zəyən geniş yayılmışı kalium – alüminium zəyidir. Duru məhlulu tibbidə qarqara üçün, selikli qışanın iltihabı prosesində, kəsiklər zamanı qandayandırıcı vasitə kimi istifadə edilir. Alüminium sulfatdan və zəylərdən çox miqdarda dəri aşılama, kağız liflərinin yapışdırılmasında, fotoqrafiyada turş fiksajların hazırlanmasında tətbiq olunur. Kalium – alüminium zəyi və alüminium sulfat dəri və xəzin aşılamaşında əsas aşılama kimi istifadə olunan ilk təbii qeyri-üzvi maddələrdən biri olub indi də öz əhəmiyyətini itirməmişdir. Qədim Misirdə kalium – alüminium zəyini əsasən zəyli göl sularını buxarlandırmaqla alır və aşılama istifadə edirdilər. Boyaqqılıqda alüminium sulfatdan və zəylərdən qədimdən istifadə olunur. Turş xassəli boyalarla yun və ipək iplərin boyanmasında alüminium sulfat və zəylər əvəzedilməzdir. Onlar turş mühit yaradaraq boyanın sabit rənginin alınmasına və boyanın liflərdə möhkəm, davamlı oturmasına səbəb olur.

Bildiyimiz kimi alüminium sulfatı qızdırdıqda 86,5°C-də öz kristallaşma suyunu itirir. Ancaq süxurda kalium – alüminium zəyi olduğundan onu 92,5° C-yə qədər qızdırdıqda o öz kristallaşma suyunda həll olur. Sonrakı qızdırmada isə çox asanlıqla suyunu tamamilə itirir. Əmələ gələn məhsula “yanmış zəy” deyilir. Zəylərin hamısı suda yaxşı həll olurlar. Lakin natrium, ammonium və kalium zəylərinin həll olmaları daha yüksəkdir. Duru məhlullarda zəylər praktiki olaraq tamamilə sadə ionlara parçalanırlar. Zəylər suda aşağı temperaturda miqdarca az həll olurlar. Buna baxmayaraq temperaturu qaldırdıqda onların həll olması sürətlə artır. Kalium – alüminium zəyi 100 q suda 0° C-də 2,95 qram həll olduğu halda, məhlulu qaynayana qədər qızdırdıqda onun həll olması 50 dəfədən çox artaraq 154 qrama çatır. Kalium – alüminium zəyi 92°C-də öz kristallaşma suyunu saxlamaqla əriyir, 336° C-də isə kristallaşma suyunu itirərək, suda az həll olan ağ rəngli toza çevrilir. Kalium – alüminium zəyinin sıxlığı $d=1,75 \text{ q/sm}^3$. Müxtəlif temperaturda 100 ml suda kalium – alüminium zəyinin həll olması aşağıdakı kimidir:

0°C	15°C	30°C	60°C	92,5°C	100°C
2,95 q	5,04 q	8,40 q	24,8 q	119,5 q	154 q

Rəqəmlərdən göründüyü kimi kalium – alüminium zəyinin suda həll olması temperatur artdıqca sürətlə artır. Bu da, süxuru qaynar suda həll edərək alüminium sulfatı suda həll olmayan boş süxurdan ayırmaqda böyük praktik əhəmiyyətə malikdir.

Materiallar və metodlar

Xırdalanmış süxur nümunəsi ölçüləri 1mm olana kimi kürəcikli dəyirməndə üyüdüldür və ələkdən keçirilir. Üyüdülmüş nümunədən 10 q götürülərək 20 ml distillə suyunda həll edilir. Qarışıq 60°C- yə qədər qızdırıldı və 10 dəq. maqnitli qarışdırıcı ilə qarışdırılır. Həll olmayan hissəciklərin tam çökməsi üçün məhlul 2 saat sakit saxlanılır, tam çökmə getdikdən sonra məhlul əvvəlcə bükner qıfından, sonra isə adi filtdən süzülərək qalıq (çöküntü) qurudularaq çəkilmişdir. Məhlulda Fe^{+2} və Fe^{+3} ionları olduğundan məhlul sarı rəngdə olur. Götürülmə yerindən asılı olaraq, qarışdırma zamanı maqnitli qarışdırıcı üzərinə sərbəst dəmir toplanır və yerindən asılı olaraq bəzən heç olmur. Kimyəvi və fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə Biləv alüminium süxurunun tərkibi müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, süxurun əsas tərkib komponenti alüminium sulfatdır. Bundan başqa

onun tərkibində qum, gil, su, əhəngdaşı, dəmir və s. qarışıqlar vardır. Biləv alüminium süxurunda hiqroskopikliyi təyin etmək üçün dəqiq nümunə çəkisi götürülmüş və 90- 100° C-də qızdırılmışdır. Kristallaşma suyunun miqdarı isə quru nümunənin 340-350° C-də közərdilməsi ilə təyin edilmişdir.

Süxurdan götürülmüş nümunə qaynar suda həll edilərək süzölmüşdür. Alınmış qalıq çöküntü nitrat turşusu ilə işləndikdən sonra SiO₂ –nin miqdarı təyin edilmişdir. Süzöntüyə NH₄OH əlavə etməklə alüminium çökdürölmüş və nümunədəki gilin miqdarı təyin edilmişdir. Eyni metodla, turşulaşdırılmış süxur məhlulunda da alüminiumun miqdarı analiz edilmişdir. Məlumdur ki, ammonium duzlarının iştirakı ilə maqnezium və dəmir ionları çökmür. Bu şəraitdə Al(OH)₃- ün tam çökməsi baş verir və çöküntü qurudularaq alüminiumun miqdarı müəyyən edilmişdir.

Süxurdakı dəmirin miqdarı məhlula ammonium tartrat və ammonium sulfid əlavə etməklə , CaCO₃-ün miqdarı, çöküntünün nitrat turşusu ilə işlənməsi nəticəsində alınan məhlula (NH₄)₂C₂O₄ əlavə etməklə müəyyən edilmişdir. Zəyli süxurdan alınan məhlula CH₃COONa və Na₃[Co(NO₂)₆]- la təsir etməklə kaliumun miqdarı təyin edilmişdir. Eyni zamanda kalium və natriumun miqdarı Sement zavodda alovlu fotometrlə də təyin edilmişdir. Süxurdakı digər komponentlərin miqdarı da məlum metodlarla təyin olunmuşdur. Analizin nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

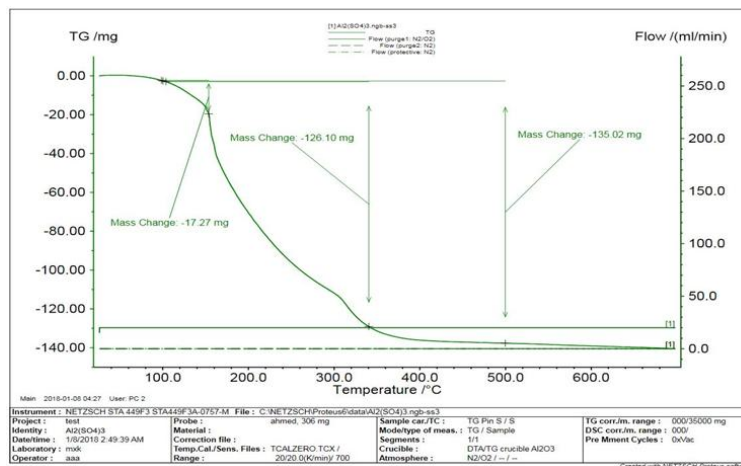
Cədvəl 1

Közərdilmiş alüminium sulfat süxurunun kimyəvi analizi

№	Nümunənin miqdarı ,qr.	Süxurun tərkibi, %						
		Al	Fe	Na	K	SO ₄ ⁻²	SiO ₂	CaCO ₃
1.	1,2341	15,5	1,5	0,85	0,6	72,2	6,1	1,4
2.	2,1	15,6	2,0	0,8	0,7	71,8	6,4	1,3
3.	3,3	15,2	1,7	0,81	0,9	72.6	6,3	1,1

Ümumiyyətlə, aparılan analizlər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, süxurun götüröldüyü ərazidən asılı olaraq süxurda maddələrin miqdarı müxtəlif olur. Belə ki, bəzi hallarda quru qalıqın (həll olmayan hissə) miqdarı 14,6%, hətta 20%-ə qədər və alüminiumun miqdarı 8,6%-ə kimi dəyişir.

Biləv alüminium süxurunun kimyəvi tərkibi, eyni zamanda Almaniya istehsalı olan NETZSCH STA 449F349F3 derivatoqrafi ilə differensial-termiki analiz edilmişdir. Şəkildən görünür ki,100-155° C-də süxurun tərkibindəki suyun bir hissəsini – 17,2 mq -nın ayrılması baş verir. 320-340° C –də süxur kristallaşma suyunun qalan hissəsinin - 41%-nin (126,1 mq) itməsi baş verir. 500° C- dən başlayaraq suyun qalan hissəsi (bu nümunədəki zəyin kristallaşma suyudur), yəni 44.1% su (135,02 mq) ayrılır (şəkil 1). Aparılan differensial-termiki analizlərdə endotermik effektlər 125-155° C və 670-820° C-də müşahidə olunur. 800-820° C- də nümunədəki zəy parçalanır (alüminium sulfat 770° C-də parçalanır). Nümunə komponentlər qarışığından ibarət olduğı üçün süxurun parçalanması 670° C-dən başlayır.



Şəkil 1: Biləv zəy süxurunun differensial -termiki analizi

Süxurda suyun miqdarını təyin etmək üçün 2,74 q nümunə götürüb onu 520°C temperaturda 1 saat közərttik. Közərtmədən sonra süxurun kütləsi 1,2341 q oldu. Beləliklə süxurda suyun miqdarı 45 təşkil edir. Bəzi hallarda süxurdakı suyun miqdarı 50%-ə qədər dəyişir. Bu filizin götürüldüyü ərazidən və ondakı alüminiumun miqdarından asılı olaraq dəyişir. Eyni zamanda süxurun müxtəlif temperaturalarda həll olması öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, aşağı temperaturda nümunə suda tədricən həll olur və müəyyən vaxt tələb edir. Ancaq temperatur artdıqca həllolma sürətlənir və 100°C-də 76 qrama çatır (cədvəl 2).

Cədvəl 2

Alüminium sulfat süxurunun temperaturdan asılı olaraq həll olması, 100 q suda qramla.

Temperatura °C	20	40	50	60	80	100
Filiz nümunəsi	26,7q	31,4q	34,3q	37,2q	42,2q	76,1q

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Biləv alüminium sulfat süxuru alüminium sulfatla zəngindir. Hazırkı dövrdə çevik iqtisadiyyatla bağlı olaraq dünya miqyasında kiçik müəssisələrin sayının artırılmasına və fəaliyyətinin gücləndirilməsinə çox ciddi fikir verilir. Bu baxımdan istehsal texnologiyası çox asan, tətbiqi isə geniş olan zəyin, alüminium sulfatın və alüminium hidroksidin istehsalının muxtar respublikada təşkili vacib məsələlərdən biri ola bilər. Buna görə də alüminium sulfatın filizdən alınma metodikasının işlənməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Xırdalanıb üyüdülmüş süxur nümunəsindən 50 q götürülərək 100 ml distillə suyunda (1:2 nisbətində) həll edilir. Qarışıq 60°C-yə qədər qızdırılaraq 15 dəq. maqnitli qarışdırıcı ilə qarışdırılır və həll olmayan hissəciklərin tam çökməsi üçün məhlul 2 saat sakit saxlanılır, tam çökmə getdikdən sonra məhlul əvvəlcə vakuum altında bükner qından, sonra isə adi filtdən süzülərək qalıq (həll olmayan hissə) məhluldan ayrılmışdır. Məhlulun pH = 1,2. Məhlulda Fe⁺² və Fe⁺³ ionları olduğundan məhlul sarı rəngdə olur. Məhlulda olan Fe⁺², Mg⁺² və Ca⁺² ionlarını çöküntü şəklində ayırmaq üçün məhlula yuxarıda qeyd edildiyi kimi 20% -li ammonium oksalat məhlulu əlavə edilir və məhlul 60°C-yə kimi qızdırılaraq maqnitli qarışdırıcı ilə 15-20 dəq. qarışdırılır. Tam çökmə getdikdən sonra qarışıq adi filtdən süzülür. Çöküntüdən ayrılmış süzüntüdə Fe⁺³ ionları qaldığından və Fe⁺² ionlarının qalma

ehtimalı olduğundan məhlulda Fe^{+2} -ni Fe^{+3} -ə kimi oksidləşdirmək üçün 1 ml 51% -li hidrogen peroksid məhlulu əlavə edilir. Məhlul 1 saat qarışdırıldıqdan sonra hidrogen peroksid tam buxarlanadək məhlul qaynadılır. Məhlulu soyutduqdan sonra Fe^{+3} -ü çökdürmək üçün məhlulun pH-ı $\text{pH}=3$ olana kimi (NH_4OH -la) qaldırılır və $\text{Fe}(\text{OH})_3$ tam çökənədək gözləmək lazımdır. Məhlulu süzdükdən sonra süzüntüdə sarımtıl rəng qalmış olarsa təcürbənin bu hissəsini yuxarıda göstərilən qaydada təkrarlamaq lazımdır. Bütün ionları ayırdıqdan sonra məhlulun sıxlığı $1,33 - 1,34 \text{ kq/m}^3$ olana kimi buxarlandırmaq lazımdır. Buxarlandırmadan sonra məhlul müsbət $3-4^\circ\text{C}$ -yə kimi soyudulub bükner qıfından süzülür və çöküntü soyuq spirtlə yuyulur. Çıxım 94% olur.

Nəticələr

Sənaye sahələrində alüminium sulfatın tətbiq dairəsi olduqca genişdir və ən əsas istifadələrdən biri kağız istehsalı ilə bağlıdır. Kağız hazırlanması prosesində yaş kağız kütləsinə alüminium sulfatın natrium xloridlə qarışığı əlavə edildikdə, kütlədə olan sellüloz liflərinin bir-birinə yapışması daha intensiv şəkildə həyata keçir. Bu proses kağızın möhkəmliyinin artmasına, strukturunun sıx olmasına və son məhsulun keyfiyyətinin yüksəlməsinə şərait yaradır. Alüminium sulfat həmçinin kağızın səthinin hamarlanması, suya davamlılığının artırılması və rənglərin kütlədə bərkiməsi üçün də mühüm rol oynayır.

Bununla yanaşı, alüminium sulfat dərinin aşılınması prosesində də geniş istifadə olunur. Aşılama zamanı o, dərinin elastikliyinə artırır, onu çürümədən qoruyur və səthinə daha davamlı edir. Tekstil sənayesində bu maddə parçaya naxış vurulması, boyanması və rənglərin sabitləşdirilməsi üçün tətbiq edilir. O, boyanın liflərə bərabər şəkildə hopmasını təmin edir və rəngin solmaya qarşı dayanıqlığını artırır.

Alüminium sulfat metallurgiyada saf alüminiumun və müxtəlif alüminium duzlarının alınmasında da vacib xammal sayılır. Su təmizləmə qurğularında isə onun koagulyasiya-edici xüsusiyyətlərindən istifadə edilir; çirkləndirici hissəcikləri çökdürməklə suyun şəffaflığını və kimyəvi təmizliyini yaxşılaşdırır.

Bütün bunlar göstərir ki, Biləv Zəylik dərəsində mövcud olan alüminium sulfat filizinin sənaye üsulu ilə emal edilməsi müxtəlif kimyəvi maddələrin, o cümlədən yüksək keyfiyyətli alüminium duzlarının əldə olunması üçün əhəmiyyətli xammal mənbəyi kimi istifadə oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Rzayev, B.Z., Qarayev, Ə.M. Naxçıvan Muxtar Respublikasının təbii sərvətləri: hazırkı vəziyyəti və perspektivləri, Naxçıvan 2013, s.59-65
2. Гиллебранд, Б.Ф., Лендель, Г.Э., Брайт, Г.А., Гофман, Д.И. Практическое руководство по неорганическому анализу. Изд. «химия» Москва, 1966, с. 736- 1112.
3. Абикенова, Г.К., Ковзаленко, В.А. Утилизация пылей электрофильтров печей спекания с выделением соединений сырья //Алюминия Сибири-2007. Сб.науч ст.Красноярск 2007. с. 247-249
4. Насыров Гакиф Закирович. Россия, RU2013373C1, 1994, Способ переработки алунитовой руды на алюмокалиевые квасцы и сернокислый алюминий
5. Наумов, К.И., Шведов, И.М., Малолетнев, А.С. Применение новых технологий для получения коагулянта (сульфата алюминия) из углеотходов,М. «Горная книга» 2014, с.65-71

SUMMARY

OBTAINING POTASSIUM ALUMINUM SULPHATE FROM ALUMINUM SULPHATE SALT

In the Zeylik gorge, not far from the Bilav village of the Julfa region of the Nakhchivan Autonomous Republic, there is an outlet on the surface of sulphate aluminum rock. The composition of the rock taken from this place is determined by chemical and physicochemical methods of analysis. It was found that the main components of the rock are aluminum sulfate and potash-aluminum alum. In addition, it contains sand, clay, water, limestone, iron compounds and other mixtures. The rock hygroscopicity was determined by heating it at 90-100 ° C, 340-350 ° C and 530-540 ° C, and also studied the rock solubility in water depending on the temperature. The method of obtaining aluminum sulfate and potassium aluminium sulphate alum from it has been developed and prepared by processing the rock with water in different proportions. Alum is a double crystalline hydrate of sulfuric acid salts corresponding to the general formula $Me_2SO_4 \cdot Me_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$. They contain monovalent sodium, potassium, rubidium, cesium, thallium, ammonium ion and trivalent metals - these are aluminum, gallium, indium, vanadium, chromium, manganese, iron, cobalt, ruthenium, iridium, etc.

Keywords: *Bilavskaya aluminum rock, potash-aluminum alum, chemical and physicochemical analysis, thermogram, differential thermal analysis*

РЕЗЮМЕ

ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФАТА КАЛИЯ-АЛЮМИНИЯ ИЗ СОЛИ СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ

В ущелье Зейлик, недалеко от села Билав Джульфинского района Нахчыванской Автономной Республики, есть выход на поверхности сульфатной алюминиевой породы. Состав породы, взятое из этого места, определен химическими и физико-химическими методами анализа. Было установлено, что основными компонентами породы являются сульфат алюминия и калийно-алюминиевые квасцы. Кроме того, она содержит песок, глину, воду, известняк, соединения железа и другие смеси. Гигроскопичность породы определяли путем ее нагревания при 90-100 ° C, 340-350 ° C и 530-540 ° C, а также изучили растворимость породы в воде в от зависимости температуры. Разработан метод получения сульфата алюминия и сульфата алюмокалиевого квасца из горной породы путем обработки ее водой в различных пропорциях. Квасцы представляют собой двойные кристаллогидраты солей серной кислоты, соответствующие общей формуле $Me_2SO_4 \cdot Me_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$. Они содержат одновалентный натрий, калий, рубидий, цезий, таллий, ион аммония и трехвалентные металлы - это алюминий, галлий, индий, ванадий, хром, марганец, железо, кобальт, рутений, иридий и др.

Ключевые слова: *Билавская алюминиевая порода, калийно-алюминиевый квасцы, химический и физико-химический анализ, термограмма, дифференциально-термический анализ*

APPLICATION OF ARYL-HYDRAZONES OF α -KETOETHERS IN THE SYNTHESIS OF HETEROCYCLIC COMPOUNDS

PARI HUSEYNOVA

perihuseynova@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0002-7021-7806>

Nakhchivan State University, Nakhchivan, Azerbaijan

SUMMARY

The application of α -ketoesters in the synthesis of aryl-hydrazones, particularly in the context of heterocyclic compounds, represents a significant and versatile approach in organic chemistry. α -Ketoesters act as valuable intermediates in the nucleophilic addition reactions with hydrazines, leading to the formation of aryl-hydrazones, which are important building blocks in the synthesis of various heterocyclic compounds. These reactions are facilitated by the electrophilic nature of the α -ketoester carbonyl group, which readily interacts with nucleophilic hydrazines. This review explores the mechanistic pathways of α -ketoester-mediated aryl-hydrazone synthesis, highlighting the factors influencing reaction outcomes, including electronic and steric effects. The advantages of using α -ketoesters in this context include high product yields, mild reaction conditions, and their ability to be modified for various synthetic applications. However, selectivity issues and the variability in reactivity based on structural characteristics present challenges that need to be addressed. A detailed understanding of these mechanisms and structural influences is crucial for optimizing reaction conditions and achieving consistent synthetic outcomes. This article summarizes the key findings and proposes future research directions for improving the use of α -ketoesters in organic synthesis.

Keywords: α -Ketoesters, aryl-hydrazones, heterocyclic compounds, synthesis, reactivity

Introduction

α -Ketoesters constitute an important class of highly reactive carbonyl-containing intermediates that play a central role in modern organic synthesis. Their structural framework, which incorporates both a ketone and an ester functional group, endows them with pronounced electrophilic character, particularly at the carbonyl carbon. This dual activation significantly enhances their susceptibility to nucleophilic attack and thereby facilitates a wide range of transformation pathways. Among these, the reaction with hydrazine derivatives to afford aryl-hydrazones represents one of the most widely utilized and synthetically valuable processes. Hydrazone formation is not only a fundamental transformation in carbonyl chemistry but also a key step in the construction of more elaborate molecular architectures, especially heterocyclic systems.

The importance of aryl-hydrazones extends beyond their synthetic accessibility. These compounds frequently serve as versatile intermediates in the preparation of nitrogen-containing heterocycles such as pyrazoles, triazoles, and related structures, many of which exhibit notable biological and pharmacological activities. As a result, α -ketoester-derived hydrazones have gained considerable attention in medicinal chemistry, where structure-activity relationships (SAR) and functional group modulation are crucial for drug design. The ability of α -ketoesters to accommodate diverse substituents makes them particularly attractive for generating libraries of novel heterocycles with tunable physicochemical properties.

Despite their synthetic usefulness, the reactivity of α -ketoesters is strongly governed by steric and electronic factors, which can influence not only reaction rates but also the selectivity and stability of the resulting hydrazones. Issues such as competitive side reactions, tautomeric equilibria, and sensitivity to reaction conditions remain challenges that must be addressed to optimize hydrazone synthesis. Furthermore, subtle changes in the ester moiety or the α -substituent can lead to significant variations in mechanistic pathways, underscoring the need for a deeper understanding of structure–reactivity relationships.

Given these considerations, the present review aims to provide a comprehensive analysis of the mechanistic aspects governing the interaction between α -ketoesters and hydrazines, with particular emphasis on the formation of aryl-hydrazones. Special attention will be devoted to the influence of electronic effects, steric parameters, and substituent patterns on reaction efficiency and product distribution. In addition, the advantages and inherent limitations of employing α -ketoesters as key intermediates will be critically evaluated. As the development of novel heterocyclic scaffolds continues to be a major driving force in synthetic and medicinal chemistry, understanding these fundamental transformations is essential for expanding the toolbox of methods available for the rational design of functionalized organic molecules.

Materials and methods

In the synthesis of aryl-hydrazones, α -ketoesters serve as strategically important intermediates due to their strong electrophilic character and structural adaptability. Their reactivity toward hydrazines is governed by a well-defined nucleophilic addition–condensation mechanism, in which the hydrazine molecule attacks the carbonyl carbon of the α -ketoester to form a tetrahedral intermediate. Subsequent proton transfer and elimination of an alcohol or water molecule lead to the formation of the corresponding hydrazone. This transformation represents a fundamental reaction pathway in carbonyl chemistry and is frequently employed in the synthesis of both heterocyclic and non-heterocyclic compounds. Although the overall mechanism remains conceptually similar across different reaction systems, subtle variations in substituent patterns on either the α -ketoester or the hydrazine can significantly influence the kinetics, thermodynamics, and selectivity of the process.

The α -ketoesters employed in such reactions encompass a broad range of structural types differing in both electronic and steric attributes. Electronic effects exert a critical influence on reactivity: α -ketoesters bearing electron-donating groups (EDGs) typically display enhanced nucleophilic susceptibility because increased electron density at the carbonyl framework weakens the C=O bond and facilitates nucleophilic attack. In contrast, electron-withdrawing groups (EWGs) stabilize the carbonyl moiety by lowering the electron density, thereby diminishing electrophilicity and slowing down the reaction. These electronic influences can further dictate the stereochemical outcome of the hydrazone, affecting the E/Z configuration and the stability of the resulting products.

Steric factors also play a pivotal role in determining reaction efficiency. Bulky substituents near the reactive center can shield the carbonyl carbon, thereby limiting the accessibility of the hydrazine nucleophile. This steric hindrance may not only suppress the reaction rate but also alter the transition state energy, ultimately impacting product yield

and selectivity. In some cases, steric congestion may even favor the formation of alternative by-products or shift the reaction equilibrium toward unreacted starting materials.

To systematically investigate the combined effects of these electronic and steric parameters, a diverse series of α -ketoesters bearing substituents with varying electronic strengths and spatial requirements were synthesized. Their reactivity with selected hydrazines was studied under rigorously controlled experimental conditions to ensure reproducibility and accurate comparison. Reaction parameters such as solvent polarity, acidity/basicity of the medium, catalyst presence, and temperature were carefully optimized to achieve maximum yields and minimize side reactions.

The resulting hydrazone products were subsequently characterized using comprehensive spectroscopic techniques, including nuclear magnetic resonance (NMR), infrared (IR) spectroscopy, and mass spectrometry (MS). These analytical methods provided detailed insights into structural confirmation, functional group integrity, and stereochemical configuration. Moreover, the spectral data enabled a comparative evaluation of how substituent variations influenced reaction pathways, product distributions, and the overall efficiency of aryl-hydrazone synthesis.

Results

The reactions of α -ketoesters with hydrazines under mild and carefully controlled conditions generally afforded high yields of the corresponding aryl-hydrazones, demonstrating the efficiency and synthetic viability of this transformation. Mild conditions are particularly advantageous because they minimize decomposition of thermally sensitive substrates and reduce the formation of side products. In many cases, the choice of solvent and catalyst proved to be a determining factor in optimizing both reaction rate and overall yield. Reactions conducted in polar aprotic solvents such as dimethylformamide (DMF) or dimethyl sulfoxide (DMSO) consistently produced higher yields compared to reactions carried out in protic solvents like ethanol or methanol. This enhancement can be attributed to the ability of aprotic solvents to stabilize polar intermediates without engaging in hydrogen bonding, thus facilitating nucleophilic attack and subsequent condensation steps.

Catalysis also contributed significantly to the efficiency of hydrazone formation. The introduction of small amounts of either Brønsted acids or mild bases accelerated the reaction by promoting carbonyl activation or enhancing hydrazine nucleophilicity. Acid catalysts, for instance, can protonate the carbonyl oxygen, increasing the electrophilicity of the carbonyl carbon and making it more susceptible to nucleophilic attack. Conversely, weak bases can deprotonate hydrazines, forming more potent nucleophilic species. In both catalytic pathways, the lowered activation barrier leads to faster reaction kinetics and improved yields, particularly for less reactive α -ketoesters.

The structural characteristics of α -ketoesters themselves are central determinants of the reaction outcome. α -Ketoesters containing electron-donating groups (EDGs) on the aromatic ring—such as methoxy (-OCH₃) or amino (-NH₂) substituents—exhibited noticeably enhanced reactivity. These groups increase electron density on the aromatic system, which in turn destabilizes the carbonyl group by resonance or inductive effects, rendering the carbonyl carbon more electrophilic and susceptible to nucleophilic attack. As a result, these substrates typically produced higher hydrazone yields, often under milder conditions and shorter reaction times.

In contrast, α -ketoesters bearing strong electron-withdrawing groups (EWGs), such as nitro (-NO₂) or trifluoromethyl (-CF₃) substituents, displayed reduced reactivity. EWGs stabilize the carbonyl functionality, lowering the electrophilicity of the carbonyl carbon and thereby slowing down nucleophilic addition. These substrates frequently required elevated temperatures, extended reaction times, or stronger catalytic conditions to achieve comparable yields. The observed trends align with classical electronic effects in carbonyl chemistry, further supporting the mechanistic interpretations of hydrazone formation.

Steric considerations played a similarly important role. α -Ketoesters containing bulky substituents—such as tert-butyl, isopropyl, or large aromatic groups—exhibited slower reaction rates due to steric hindrance around the reactive carbonyl site. Such steric congestion impedes the approach of the hydrazine nucleophile, increasing the activation energy of the reaction. In extreme cases, sterically demanding substrates led not only to reduced yields but also to diminished selectivity, with mixtures of isomeric or over-condensed products being observed. This behavior underscores the sensitivity of the hydrazone-forming process to both electronic and steric environments, illustrating the need for careful substrate and condition selection when designing synthetic routes involving α -ketoesters.

Discussion

The results obtained from the experimental studies clearly demonstrate that α -ketoesters function as highly versatile and effective intermediates in the synthesis of aryl-hydrazones, particularly within the realm of heterocyclic chemistry. Their intrinsic electrophilic nature and structural tunability allow them to participate readily in nucleophilic addition reactions with hydrazines, making them suitable starting materials for constructing diverse hydrazone-based frameworks. These hydrazones, in turn, serve as key precursors in the synthesis of numerous heterocyclic scaffolds, many of which exhibit significant biological, pharmacological, and functional material properties. As such, the synthetic flexibility offered by α -ketoesters continues to attract interest in medicinal chemistry, organic synthesis, and materials science.

Despite their notable advantages, the selective formation of specific hydrazone products presents several challenges. This is particularly evident in molecules containing multiple reactive carbonyl sites or structurally complex α -ketoesters, where competing reaction pathways may occur. Steric constraints surrounding the carbonyl group—introduced either by bulky substituents or rigid aromatic rings—can impede the approach of hydrazine nucleophiles, leading to decreased reaction rates or the formation of undesired side products. Furthermore, subtle differences in substituent positioning may influence stereochemical outcomes, complicating product purification and structural determination.

Electronic effects exert an equally important influence on reaction behavior. Substrates bearing electron-donating groups (EDGs) on the aromatic ring typically undergo nucleophilic attack more readily and afford higher hydrazone yields under milder conditions. These substituents increase electron density within the α -ketoester framework, enhancing carbonyl polarization and thus promoting reactivity. Conversely, electron-withdrawing groups (EWGs) stabilize the carbonyl functionality, suppressing electrophilicity and reducing reaction efficiency. This reduced reactivity may necessitate harsher conditions—such as elevated temperature, prolonged reaction times, or stronger catalytic environments—to achieve acceptable yields. These observations align with

established mechanistic principles regarding carbonyl activation and underscore the importance of understanding substituent effects when designing synthetic strategies.

Although challenges related to selectivity, steric hindrance, and electronic modulation persist, α -ketoesters remain highly valuable intermediates due to the significant degree of control that chemists can exert over reaction conditions and structural variation. Tailoring substituents, adjusting reaction media, and employing catalytic additives all represent viable approaches for improving both reactivity and product selectivity. As such, α -ketoesters continue to be indispensable tools in the design of hydrazone-based compounds and heterocyclic architectures.

Future research should prioritize the development of more advanced and selective catalytic systems that can mitigate the negative effects of steric bulk and electronic deactivation. Additionally, deeper mechanistic investigations—particularly with respect to solvent coordination, transition-state stabilization, and catalyst–substrate interactions—may yield valuable insights that further enhance reaction efficiency and precision. Such advancements would not only expand the synthetic utility of α -ketoesters but also facilitate the discovery of new hydrazone-derived materials with enhanced biological and functional properties.

REFERENCES

1. Beller, M., Koert, U., (2022). Vicinal ketoesters – key intermediates in the total synthesis of natural products. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, Vol. 18, pp. 1236-1248
2. Gergely, J., Morgan, J.B., Overman, L.E., (2006). Stereocontrolled synthesis of functionalized cis-cyclopentapyrazolidines by 1,3-dipolar cycloaddition reactions of azomethine imines. *Journal of Organic Chemistry*, Vol. 71, Issue 24, pp. 9144-9152
3. Nam, T.K., Jang, D.O., (2020). A synthetic route toward α,α -dialkyl α -amino ester derivatives via radical addition to hydrazone derivatives of α -ketoesters under “on-water” conditions. *Tetrahedron Letters*, Vol. 61, Issue 3
4. Naskar, S., Mal, K., Maity, R., Das, I., (2021). Recent Advances in the Synthesis and Applications of α -Ketothioesters. *Advanced Synthesis and Catalysis*, Vol. 363, Issue 5, pp. 1160-1184
5. Ozerova, O.Y., Efimova, T.P., Novikova, T.A., (2020). 1-Amino-2-nitroguanidine in reactions with α -ketocarboxylic acids. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, Vol. 56, Issue 2, pp. 233-236
6. Wang, H., Zhu, T. S., Xu, M.H. (2012). Rhodium-catalyzed enantioselective 1,2-addition of arylboronic acids to heteroaryl α -ketoesters for synthesis of heteroaromatic α -hydroxy esters. *Organic and Biomolecular Chemistry*, Vol. 10, Issue 46, pp. 9158-9164
7. Wu, D., Wang, Y., Zhou, J., Sun, Q., Xu, X., (2019). Functionalization of Diazo Groups by the Nucleophilic Addition of Two Molecules of a Dimethylsulfonium Ylide to α -Diazo- β -ketoesters/ketones: Synthesis of Highly Functionalized Hydrazones. *Organic Letters*, Vol. 21, Issue 21, pp. 8722-8725
8. Zhu, Y.W., Qian, J. L., Yi, W.B., Cai, C., (2013). Highly efficient synthesis of polysubstituted 1,2-dihydroquinolines via tandem reaction of α -ketoesters and arylamines catalyzed by fluorous hydrazine-1,2-bis(carbothioate) and NCS. *Tetrahedron Letters*, Vol. 54, Issue 7, pp. 638-641

YUSİF MƏMMƏDƏLİYEV YARADICILIĞINDA AZƏRBAYCAN GƏNCLİYİNİN FORMALAŞMASI

PƏRVİZ ALLAHVERDİYEV¹

pervizallahverdiyev06@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-1962-8824>

NAZİRƏ QƏNBƏROVA²

nazireqenberli94@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-8578-9016>

^{1,2}Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Azərbaycan elminin dəyərli nümayəndələrindən olan Yusif Məmmədaliyev Azərbaycan gəncliyinin inkişafında xüsusi rolu olmuşdur. Konfrans materialında Yusif Məmmədaliyevin yaradıcılığından, onun kimya sənayesinin inkişafından, Azərbaycan elminə gətirilən yenilikdən, Azərbaycan ordusunun II Dünya müharibəsi illərində sovet ordusunun Alman faşizmi üzərində parlaq qələbə çalmasından, həm də onun vətənpərvərliyindən bəhs olunmuşdur. Onun həyat yolu, yaradıcılığı Azərbaycanda yeni və gənc nəslin savadlı formalaşmasına, müasir dövrümüzdəki elmi nailiyyətlərin qazanılmasına gətirib çıxardı. Onun yaradıcılığına diqqət yetirdikdə isə nə qədər vətənpərvər və insani keyfiyyətlərə malik olması mövzumuzun məzmunu dərinləşdirmişdir. Tədqiqatçı alimin elm sahəsində gənclərə verdiyi töhfələr, vətənpərvərlik və milli dəyərlərin təbliği Yusif Məmmədaliyevin II Dünya müharibəsindəki nailiyyətləri əks olunmuşdur.

Açar sözlər: Yusif Məmmədaliyev, kimya, sənaye, vətənpərvər, alim, tədqiqatçı

Giriş

Tədqiqatçı alim Azərbaycanda elim sahəsində nüfuzlu yerlərdə işləyərək, tədqiqatlar aparmaqla dövrünün və dövrümüzün yeni və gənc nəsli üçün olduqca vacib addımlar atmışdır. Xalqına, toprağına və vətəninə ürəkdən bağlı olan alim kimya sənayesi sahəsində uğurlar qazanmaqla bərabər, digər elm sahələrində də uğurlara imza atmışdır.

Elm sahəsində gənclərə verdiyi töhfələr:

- Onun rəhbərliyi ilə Azərbaycan elmində gənc kimyaçı alimlər, mütəxəssislər yetişdirilərək tədqiqat işlərinə yönəldilməsinə şərait yaratdı;
- Təhsildə yeniliklər tətbiq etməklə gəncləri innovativ sahədə, yaradıcılıq sahəsində müstəqil işləməyə sövq etdi;
- Kimya sənayesində yeniliklər gətirməklə bu elmin inkişafını sürətləndirdi.

Azərbaycan ordusunun Sovet Silahlı Qüvvələrində xidməti üstünlüklərin qazanılmasında, nailiyyətlərin əldə olunmasında əvəzsiz rolu olmuşdur. Görkəmli alim II Dünya müharibəsində ön cəbhədə olmasada arxa cəbhəyə xeyli köməkliklər göstərərək SSRİ ordusunun ən çox ehtiyac duyduğu yanacaq məhsullarının, yağların patlayıcı maddələrin sənayedə tətbiqini həyata keçirməklə Alman faşizmi üzərində qələbə qazandırdı. O dövr üçün SSRİ Silahlı Qüvvələrinin bombardumancılıq təyyarələrinin yanacağının Azərbaycan təşkil etdiyinə görə Yusif Məmmədaliyevin kimya sənayesində yanacaq növünün ixtirası ilə SSRİ təyyarələrinin hava məkanında uğurları məhz ona görə əldə edildi. Dünyada kimya elminə yenilik gətirməklə dünyanın diqqətini Azərbaycana çəkmiş oldu.

Vətənpərvərlik və milli dəyərlərin təbliği.

Yusif Məmmədaliyev kimyaçı alim olmaqla bərabər layiqli vətəndaş, tərbiyəçi alimdir. Hər zaman zəhmətkeşliyə, xeyirxahlığa, dostluğa və vətənpərvərliyə üstünlük verməklə milli kimliyi, dəyərləri və insan üçün vacib rol oynadığını qeyd etmişdir. O, qeyd etmişdir ki "Alim olmaq üçün əvvəlcə insan və vətənpərvər olmaq lazımdır" bu sözlər onun eyni zamanda mənəvi və pedaqoji varlığı malik olmasını göstərir.

Alim vətənpərvərlik və milli dəyərlərin aşağıdakı sahələrinə toxunmuşdur.

- Öz dövrü üçün zamanətdən qorxmadan Azərbaycançılıq ideyalarından əl çəkmir, xalqının, dövlətinin maraqlarını üstün tutmaqla ölkəmizi dünyada tanıtdı.

- Davranışı, vətənə məhəbbəti, xalqa hörməti ilə hər bir azərbaycanlıya nümunə olmuşdur.

- Gənclərə vətəni sevdirmək, vətənə xidmət etməyi, öz mənafeyini dövlətin mənafeyindən üstün tutmamağı aşılamişdır.

- Onun vətənə bağlılığı gənclər üçün elmə, yaradıcılığa vətənə sədaqətin simvolu kimi qəbul olunur.

- Onun vətənə şəxsi nümunəsi onu deməyə əsas verir ki, gənclər yalnız elmə, biliyə, malik olmaqla Vətənpərvər Vətəndaşlar ola bilər.

Yusif Məmmədaliyevin II Dünya müharibəsindəki nailiyyətləri:

1. Aviasiya benzininin keşvi- Sovet Ordusunun təyyarələrinin yanacaqda təmin etməklə bərabər keyfiyyətli və ucuz benzin istehsal olundu

2. Yüksək oktanlı yanacaq növünün istehsalı- nəticədə SSRİ texnikaları, tankları, zirehli texnikasının effektivliyini yüksəltdi.

3. Arxa cəbhədə elmi təşkilatı işlərin həyata keçirilməsi Bakı neftçiləri ilə birlikdə müharibə ehtiyatlarına uyğun tədqiqatlar aparmaqla bərabər sənaye müəssisələrinə rəhbərlik etmişdir

Bütün bunların həyata keçirilməsi ilə ölkəmizdə kimya sənayesində əsaslı dönüş yaradaraq həm ölkəsini dünyada tanıtdı, eyni zamanda o dövr üçün SSRİ xalqları arasında ölkəmizin adını zirvələrə qaldırdı. Əzmlə göstərdiyi xidmətlərə görə SSRİ tərəfindən, SSRİ dövlət mükafatı, şərəf nişanı ordenləri təqdim olundu.

Nəticə

Konfrans materialında Yusif Məmmədaliyevin Azərbaycanın görkəmli alim və vətənpərvər vətəndaşı kimi bütün yaradıcılıqları qeyd olundu. Onun bu xidmətləri, elmlə bağlılığı, qazandığı nailiyyətlər, kəşflər Azərbaycan xalqının, xüsusən gənc nəslin həyat yolunda dünən də, bu gün də, sabah da lazım olacaq. Uğurlar, mükafatlar əldə edəcək. Bunun üçün bu kimi Azərbaycan ziyalılarını unutmamalı, yubileyləri, anım günləri, büsləri, qəbirləri biz gənclər tərəfindən ziyarət edilməli, gələcək nəsillə ötürməlidir. Azərbaycan torpağını, dövlətini, xalqını sevrək ona sədaqət ruhunda məhəbbət bəsləyərək gənclərin bariz nümunəsinə çevrilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası. Akademik Yusif Məmmədaliyevin -100. Bakı, 2005
2. Hüseynov, A. Yusif Məmmədaliyevin həyatı. Bakı, Təhsil, 1997
3. Əlizadə, Ə. Akademik Yusif Məmmədaliyevin. Bakı. Elm, 1976

BƏDİİ ƏDƏBİYYATDA YUSİF MƏMMƏDƏLİYEV OBRAZI: ŞƏXSİYYƏTİN VƏ ELMİN QÜDRƏTİ

Ramiz QASIMOV

ramizqasimli44@gmail.com

AMEA Naxçıvan Bölməsi

Məqalədə görkəmli elm xadimi akademik Yusif Məmmədaliyevin həyatı, taleyi, mühiti və xidmətlərinə həsr edilən bədii nümunələrdə əks etdirilmiş obrazı və mənəvi keyfiyyətlərindən bəhs edilmişdir. Azərbaycan ədəbiyyatının tanınmış adamları bu görkəmli elm xadiminə qiymətli əsərlər həsr etməklə onun ölməz surəti və taleyini, xidməti və mənəvi keyfiyyətlərini obrazlaşdırmışlar. Bir sıra ədəbi əsərlər arasında naxçıvanlı şair Hüseyn Razinin "İnsanlar, tələsin xeyirxahlığa" poemasından da Yusif Məmmədaliyevə həsr edilən qiymətli əsər kimi bəhs açılmışdır. Əsərdə Yusif Məmmədaliyevin ailəsi, uşaqlıq mühiti, tərbiyəsi, o vaxtın ictimai-siyasi məsələləri, alimin tələbəliyi, işi, fəaliyyəti, misilsiz xidmətləri və mücadiləsi öz əksini taparaq tədqiqatda təhlil edilmişdir.

Açar sözlər: *Yusif Məmmədaliyev, bədii əsər, poema, obraz, Hüseyn Razi*

Giriş

Akademik Yusif Məmmədaliyev müharibə dövrü mərhələsinin qələbə ilə bitməsində böyük nailiyyəti olan şəxsiyyətdir. Dövrün elminin ən böyük nailiyyət sahibi olan alimi Yusif Məmmədaliyev haqqında müxtəlif sahələrlə bərabər bədii ədəbiyyatda yazılan əsərlərdə də adı minnətdarlıqla keçmişdir. Bədii ədəbiyyatın ictimai şüur və xalqın milli yaddaşını olduğunu nəzərə alaraq akademik Yusif Məmmədaliyevə həsr edilən bədii əsərlərin öyrənilməsinin özünəməxsus aktuallığı vardır. Belə ki, bədii əsərlərdə sənətkarlar şəxsiyyətlə bağlı əhatəli və təfərrüatlı təhqiqatlar apararaq öz əsərlərinə vacib, əhəmiyyətli və zəruri məlumatları daxil etdikləri üçün o əsərlərin öyrənilməsi həm şəxsiyyət, həm də digər məsələlərin öyrənilməsi baxımından aktual və vacibliyini qoruyur. Bu tədqiqatda məqsəd akademik Y.Məmmədaliyevdən bəhs edən bədii əsərlərin müəyyənləşdirilməsi və onların təhlili yolu ilə alimin şəxsiyyət məlumatlarını ortaya qoymaqdır.

Tədqiqat zamanı sinxron və analoji, induktiv, deduktiv, təsviri və müqayisəli tədqiqat metodlarından istifadə edilmişdir.

Akademik Yusif Məmmədaliyev haqqında bəhs edən bədii əsərlərin mənzərəsi

Bədii ədəbiyyatda akademik Yusif Məmmədaliyevin şəxsiyyəti və əməli fəaliyyətinə dərin ehtiram nümunəsi olaraq ona ithaf edilən əsərlər mövcuddur. Mustafa S.Salahov "Akademik Yusif Məmmədaliyev" poema, Şair Təbib "Yusif zirvəsi" poemasını, Bəxtiyar Vahabzadə "Ömür" şeiri, Mirzə İbrahimov "Unudulmaz alim", "Osman Sarıvəlli "İtirmişik biz" şeiri, Teyyub Qurban "Sənin ev muzeyin", K.Həsənoğlu "Bir kəhkəşansan", Əkbər Məşkur "Mənim arzum", M.Seyidzadə "Görkəmli alim", H.Fərəcoğlu "Vətənimin fəxri" şeirləri Yusif Məmmədaliyevə həsr olunaraq onun şəxsiyyəti və xidmətlərinə böyük ehtiram təcəssüm etdirmişdir. Hüseyn Razinin poemaları arasında xüsusi yer alan və akademik Yusif Məmmədaliyevə həsr olunan "İnsanlar, tələsin xeyirxahlığa" əsəri isə böyük maraq doğurur.

Hüseyn Razinin Yusif Məmmədaliyevə həsr edilən poemasında şəxsiyyətin, elmin və humanizmin təsviri

Görkəmli elm adamı, akademik Yusif Məmmədaliyevə həsr edilmiş "İnsanlar, tələsin xeyirxahlığa" adlı poema insan cəmiyyətini, bütöv bir bəşəriyyəti xilaskarlıq əməlinə nəğmə kimi səslənməkdədir. Əsərin nüəllifi "Naxçıvan ədəbi mühitinin ən tanınmış, istedadlı nümayəndələrindən biri olan" (3, s.99) Hüseyn Razidir. Bu əsər şairin yaradıcılığını tədqiq edən N.İsmayılov tərəfindən doğru olaraq "görkəmli şəxsiyyətlərə həsr edilən poemalar" qrupuna aid edilmişdir (6, s.96). Akademik İsa Həbibbəyli haqlı olaraq qeyd edirdi ki: "Poema janrının inkişafında Hüseyn Razinin özünəməxsus xidmətləri vardır. Onun görkəmli elm xadimləri Nəsirəddin Tusi və Yusif Məmmədaliyevə həsr edilmiş poemalarında həmin böyük alimlərin həyatı və mühiti, xidmətləri və idealları seçilmiş həyat hadisələri və düşünülmüş obrazlar vasitəsilə bacarıqla canlandırılmışdır" (2, s.16).

Əsər əsl mənada qəhrəmannamədir. Belə ki, "poemada Y.Məmmədaliyevin anadan olmasından həyatının şanlı illərinə qədər əsas, başlıca məsələləri şair əks etdirmişdir. Ordubadın qədim tarixi məkan olması, böyük şəxsiyyətlər yetirməsi, zəngin mədəniyyət beşiyi olması özünəməxsus şəkildə ehtiva edilmişdir. Əsərdəki müxtəlif sərlövhələr böyük və mənalı bir ömrü özündə ehtiva etməyə istiqamətlənmişdir" (3, s.96). Epik-lirik təsir bağışlayan poemanın əvvəlindəki ilk bəndlər Yusif Məmmədaliyevə dərin rəğbət və məhəbbəti özündə təzahür etmişdir. Bu kiçik lirik şeir məzmun və forma etibarilə Xalq şairi Səməd Vurğunun böyük Azərbaycan bəstəkarı və yazıçısı Üzeyir bəy Hacıbəyliyə həsr olunmuş məşhur "Ölüm sevinməsin qoy!" şeirini xatırladır:

Keçdi zirvələrdən dağ şahinitək,
Zəka, fədakarlıq qanaddı onda.
Bir xalqın köksünə calanmış ürək
Susanda çevrildi dan ulduzuna (5, s.186).

Poemanın "Ana beşiyi", "Sələflər", "Əsrin səhər çağı", "Baba mülkü", "Ağır illər", "Üfiqlər qızarır, "Narahat ömür" kimi bölmələrdə Y.Məmmədaliyevin doğulduğu qədim Ordubad eli, oradakı tarixi-mədəni mühit, Yusif Məmmədaliyevin ailə mühiti, keçdiyi ağırlı-acılı illər, bu illərin diqqətəlayiq hadisələri və s. əks etdirilmişdir. Şair "Ağır illər" bölməsində 1918-20-ci illərdə Şimali Azərbaycanda erməni-daşnaq qüvvələrinin apardığı soyqırımı, faciəli qırğınlar və Cənubi Azərbaycanda Xiyabaninin azadlıq hərəkatına qarşı şah qoşunlarının amansız qətlamlarını dilə gətirmişdir:

Payızdır. Üfiqlər tutqundur hələ,
Ələngəz dağının dövrəsi çəndi.
Neva sahilində qopdu zəlzələ,
Araz sahilində yer silkələndi.

Bir yandan amansız daşnaq ordusu
Alova tuturdu şəhəri, kəndi.
Gözdə ölüm tozu, ürəkdə arzu,
İnsanın dözümlü, səbri tükəndi.

Axdı bu torpağa uzaqellilər,
Qızgın döyüslərdə ara qarışdı.

Şərr torpağından Culfaya qədər
Hər yeri fəlakət çulğalamışdı.

Arazın hər iki sahilində qan,
Ölüm meydan açıb qızıq yaman.
Qızıbli intiqam fırtınasından
Hər yeri fəlakət bürüdü getdi (5, s.192; 194).

Belə çətin ictimai-siyasi hadisələrdə həyatı keçən bir insanın gələcəyin xilaskar bir aliminə çevrilməsində də şair mənə, məntiqi bağlılıq axtarır. Şair H.Razi əsərin "Arzular və xəyallar", "Gündəlikdən sətirlər", "Nağıllar kimi" adlanan bölmələrdə Yusif Məmmədliyəvin təhsil illəri və tələbəliyini də əhatəli şəkildə faktların təqdimi ilə oxucusuna çatdırmağa üstünlük vermişdir. Y.Məmmədliyəvin elm və təhsil yollarında inadla çalışması, əzmlə təkmilləşməsi çox aydın bir şəkildə təqdim edilmişdir. Hələ tələbəlikdən böyük kəşflər, ixtiralar üçün arzu quran, xəyal yaradan bir tələbənin gündəlik həyatı və mübarizə çırpıntıları göstərilmişdir. Poemada Y.Məmmədliyəvin musiqi ifaçılığı qabiliyyətinə mükəmməliyi, bəzi xalq muğamlarını ifa etmək bacarığı da tədqiqatlarda doğru qeyd edilmişdir (1, s.111). Akademik Zelinski ilə tələbə Yusif Məmmədliyəvin söhbətini bir gəncin gələcək həyatında mühüm dönüş nöqtəsi olaraq qəbul edərək qiymətləndirir.

40-cı illərin çətin müharibələr zamanında ürəyi xeyirxahlıq eşqi ilə yanan gənc kimyaçı Yusif Məmmədliyəv öz kəşfi ilə bəşəriyyətin taleyinin sülhlə, əmin-amanlıqla dəyişməsinə dəstək verir. Əsərin "Fikirlər silahdır", "Kimya okeandır, kimya dənizdir" adlı bölmələrində alimin ən çətin zamanlarda ixtiraları ilə oynadığı mühüm rol və misilsiz xidmətlər göstərilmişdir. "Gündəlikdən sətirlər", "Haqsızlığın təntənəsi", "Mübahisə" adlı bölmələrdə şöhrətin uca zirvəsində olan alimin yaşadığı çətin məqamlar, qarşısına qoyulan maneələr və əngəllər təsvir edilmişdir. Haqsızlığa baş əyməyən, öz amalından dönməyən, ixtiralarında əzm göstərən dahi bir şəxsin həyat mücəssəməsi olan obrazı öz əksini tapmışdır. Sərin sonuna doğru məhz bu adam – ömrünü bəşəriyyət, insanlıq üçün şam kimi əridən xeyirxah bir insan olaraq Y.Məmmədliyəv öz nəsihətamiz, dərin məzmunlu sözlərini deyir:

Dedi ki, bir kəlam yadıma düşdü.
İnsanlar, tələsin xeyirxahlığa.
Əlli il xəbərsiz gəlib ötüşdü
Arzuya, ümidə, ömrə sadağa.

Tələsək biz gərək xeyirxahlığa!
Bu kitab, bu haray müqəddəs, ulu.
Tələsə bilməmək xeyirxahlığa,
Sonra peşimanlıq daha qorxulu (5, s.221).

Nəticə

Beləliklə, istedadlı və qocaman şairlərimizdən olan Hüseyn Razinin çoxşaxəli mövzu və problem əxz edən zəngin yaradıcılığı Naxçıvan ədəbi mühitində əbədi və layiqli yer tutmuşdur. Onun zəngin lirikası və publisistikası ilə bərabər həmişəyaşar mövzulara həsr olunmuş çoxsaylı poemaları da bədii irsimizi zənginləşdirən sənət xəzinəsidir. Onun poemalarında insan və onun taleyi məsələsi aparıcı mövzu təşkil edərək özünün dərin

siqləti və mündəricəsi ilə xüsusi rəğbət qazanmışdır. Şairin "İnsanlar, tələsin xeyirxahlığa" poeması akademik Yusif Məmmədaliyevə həsr edilərək onun həyat və mübarizənin od- alovundan çıxan və yetişən möhtəşəm şəxsiyyəti, taleyi və obrazını əks etdirmişdir. Əsərdə Y.Məmmədaliyevin milli-mənəvi keyfiyyətlərə məxsus bir əzəmətli şəxsiyyət olduğu konkret faktlarla göstərilmişdir. Y.Məmmədaliyevin misilsiz xidmətləri əsərdə təqdim edilməklə onun nəhəng alimlik və bəşəriyyətə sülh gətirən xidmətləri məxsusi olaraq yer alaraq onun humanizmi və elminin qüdrəti göstərilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Xəlilov, F. Söz və qürurun zirvəsində: Hüseyn Razi. Naxçıvan: 2025, Əcəmi
2. Həbibbəyli, İ. Nuhçıxandan Naxçıvana. Bakı: 2015. Elm və təhsil, 846 s.
3. Hüseyn Razi: taleyi və sənəti (tərtib ed. F.Xəlilov). Naxçıvan: 2024, 304 s.
4. Qasimov, R. Naxçıvan ədəbi mühiti: problemlər, perspektivlər. Bakı: 2018, Elm və təhsil, 232 s.
5. Razi, H. Gözün aydın. Bakı: 1996. Azərənəşr, 232 s.
6. İsmayılov, N. Hüseyn Razinin yaradıcılıq yolu. Bakı: 2003, Elm, 248 s.

SUMMARY

Ramiz Gasimov

THE IMAGE OF YUSIF MAMMADALIYEV IN LITERATURE: HUMANISM OF PERSONALITY AND SCIENCE

The article discusses the image and moral qualities of the outstanding scientist academician Yusif Mammadaliyev, reflected in artistic examples dedicated to his life, fate, environment and services. Famous people of Azerbaijani literature have dedicated valuable works to this outstanding scientist, depicting his immortal image and fate, service and moral qualities. Among a number of literary works, the poem "People, hurry to kindness" by the poet Huseyn Razi from Nakhchivan is also mentioned as a valuable work dedicated to Yusif Mammadaliyev. The work reflects and analyzes the family, childhood environment, upbringing of Yusif Mammadaliyev, socio-political issues of that time, the scientist's student life, work, activities, unparalleled services and struggle.

Keywords: Yusif Mammadaliyev, literary work, poem, image, Huseyn Razi

YUSİF MƏMMƏDƏLİYEV İRSİ ƏSASINDA KİMYA TƏHSİLİNİN İNNOVATİV İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

SAMİRƏ MUSTAFAYEVA

mustafasamire26@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-0552-8172>

Naxçıvan Dövlət Universiteti nəzdində Naxçıvan Dövlət Texniki Kolleci

XÜLASƏ

Akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədaliyev Azərbaycan kimya elminin banilərindən biri kimi, təkcə elmi nailiyyətləri ilə deyil, həm də elmə və təhsilə gətirdiyi yenilikçi baxışları ilə tanınır. Onun zəngin elmi irsi bu gün kimya təhsilinin müasir tələblərə uyğun inkişafı üçün mühüm nəzəri və praktik baza rolunu oynayır. Məmmədaliyev məktəbinin əsasını təşkil edən dərin elmi düşüncə, təcrübəyə əsaslanan öyrənmə və analitik yanaşma prinsipləri gənc nəslin formalaşmasında əvəzsiz əhəmiyyət daşıyır. Yusif Məmmədaliyevin neft kimyası, kataliz və yüksək oktanlı yanacaq sintezi sahəsindəki uğurları kimyanın tətbiqi yönünü daha da genişləndirmiş, elmi nailiyyətlərin tədris prosesinə integrasiyasına stimül vermişdir. Onun elmi fəaliyyətinin mahiyyətində dayanan sistemli yanaşma, eksperimentə əsaslanan təfəkkür və tədqiqat mədəniyyəti bu gün kimya fənninin öyrədilməsində innovativ istiqamətlərin formalaşmasına ilham verir. Məmmədaliyev irsindən qaynaqlanan tədris yanaşmaları kimya təhsilinin keyfiyyətini yüksəltməyə, tələbə mərkəzli öyrənmə, rəqəmsal laboratoriyalar, interaktiv simulyasiyalar və tədqiqat əsaslı təlim metodlarının tətbiqinə şərait yaradır. Bu istiqamət həm də tədris prosesində yaradıcı və tənqidi düşüncə bacarıqlarının inkişafına, elmi ənənələrin müasir texnologiyalarla sintezinə xidmət edir. Yusif Məmmədaliyevin ideyalarına söykənən tədris konsepsiyası kimya elminin gələcək nəsillərə ötürülməsində mühüm vasitədir. Belə bir yanaşma milli elmi məktəbin dəyərlərinin qorunmasına, innovativ düşüncə tərzinin formalaşmasına və kimya təhsilinin beynəlxalq səviyyədə rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına zəmin yaradır.

Açar sözlər: *Yusif Məmmədaliyev, kimya təhsili, elmi irs, innovasiya, tədqiqat yönümlü öyrənmə, elmi ənənə*

Giriş

Elm və təhsil insan cəmiyyətinin inkişafında ən mühüm amillərdən biri kimi çıxış edir. Xüsusilə təbiət elmləri sahəsində əldə olunan nailiyyətlər, sənaye və texnologiyanın inkişafı ilə birbaşa əlaqəli olduğundan, bu istiqamətdə aparılan tədqiqatların və tədris prosesinin keyfiyyəti ölkənin elmi potensialının səviyyəsini müəyyənləşdirir. Bu baxımdan, kimya elminin tədrisi yalnız nəzəri biliklərin mənimsənilməsi deyil, həm də tədqiqat bacarıqlarının, yaradıcılıq və analitik düşüncənin formalaşması üçün əsas vasitə hesab olunur. Azərbaycan elminin inkişafında mühüm rol oynamış görkəmli alimlər sırasında akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədaliyev xüsusi yer tutur (2). Onun elmi fəaliyyəti XX əsr Azərbaycan kimya elminin formalaşma mərhələsini müəyyənləşdirmiş, elmi məktəbinin təşəkkül tapmasına zəmin yaratmışdır. Məmmədaliyevin araşdırmaları neft kimyası, kataliz və üzvi sintez sahəsində dünya elminin diqqətini cəlb etmiş, onun elmi nəticələri beynəlxalq səviyyədə qəbul edilmişdir. Alimin elmi irsi bu gün də öz aktuallığını qoruyur və kimya təhsilində innovativ yanaşmaların formalaşması üçün nəzəri və praktik

baza kimi çıxış edir. Yusif Məmmədaliyevin fəaliyyətində elmin təhsillə əlaqələndirilməsi mühüm yer tutmuşdur. O, yalnız laboratoriya tədqiqatçısı deyil, həm də istedadlı pedaqoq kimi tanınmış, tələbələrin elmi-tədqiqat bacarıqlarının inkişafına xüsusi önəm vermişdir. Onun rəhbərliyi altında yetişən gənc kimyaçılar sonradan Azərbaycan kimya elminin aparıcı simalarına çevrilmişlər. Bu fakt bir daha göstərir ki, Məmmədaliyev məktəbi təkcə elmi nailiyyətlərlə deyil, həm də güclü təhsil ənənələri ilə zəngin bir irsdir (1,3).

Yusif Məmmədaliyev irsinin elmi və pedaqoji mahiyyəti

Yusif Məmmədaliyev Azərbaycan kimya elminin inkişafında xüsusi rol oynamış və milli elmi məktəbin formalaşmasına mühüm töhfələr vermişdir. Onun elmi fəaliyyətinin əsasını neft kimyası, kataliz, üzvi sintez və yanacaq texnologiyaları təşkil etmişdir. Bu istiqamətlərdə əldə etdiyi nəticələr təkcə Azərbaycan elminin deyil, həm də dünya kimya elminin mühüm nailiyyətləri sırasında yer almışdır. Alim tərəfindən aparılan araşdırmalar elmi təfəkkürün sistemli inkişafına, tədqiqatın eksperimental əsaslarla aparılmasına və nəticələrin praktik tətbiqinə geniş imkanlar açmışdır. Məmmədaliyevin irsində yalnız elmi nəticələr deyil, həm də elmin öyrədilməsi, gənc tədqiqatçıların yetişdirilməsi məsələsi ön planda dayanmışdır. O, kimya elminin tədrisində müşahidə və eksperimentə əsaslanan öyrənməni əsas metod kimi qəbul etmiş, təlim prosesində tələbələrin tənqidi və yaradıcı düşüncə bacarıqlarının inkişafına böyük diqqət yetirmişdir. Bu yanaşma bu gün müasir pedaqoji prinsiplərlə tam səsleşir. Alimin elmi və pedaqoji prinsipləri aşağıdakı istiqamətlərdə özünü göstərir: Elmin təcrübə ilə vəhdəti: Yusif Məmmədaliyev elmi biliklərin yalnız nəzəri deyil, həm də praktiki əhəmiyyət daşımalı olduğunu vurğulamışdır (4).

Analitik düşüncənin inkişafı: Onun tədqiqat yanaşması tələbələrdə analitik təfəkkürün formalaşmasına xidmət etmişdir. Elmi ənənələrin qorunması: Məmmədaliyev məktəbi elmi ardıcılığı və milli elmi dəyərlərin qorunmasını əsas məqsəd kimi qəbul etmişdir. Bu prinsiplər müasir kimya təhsilində də aktual olaraq qalır və innovativ inkişafın elmi təməlini təşkil edir. Müasir təhsil sistemi dəyişən texnoloji və sosial reallıqlara uyğun olaraq daim yenilənməyə ehtiyac duyur. Kimya fənninin tədrisində ənənəvi metodlardan rəqəmsal və tədqiqat yönümlü yanaşmalara keçid tələb olunur. Bu keçidin uğurlu olması üçün möhkəm elmi baza və mənəvi dayaqlar zəruridir. Yusif Məmmədaliyevin irsi məhz bu iki mühüm elementi özündə birləşdirir — dərin elmi bilik və milli elmi düşüncə. Alimin irsindən kimya təhsilində istifadə bir neçə istiqamətdə həyata keçirilə bilər (6).

Tədris materiallarının elmi əsaslandırılması: Məmmədaliyevin tədqiqatları əsasında hazırlanmış nümunələr kimya dərslərlərində müasir tətbiqlərlə əlaqələndirilə bilər. Onun laboratoriya təcrübələrinə əsaslanan metodları məktəb və kollec səviyyəsində tədqiqat yönümlü dərslərin təşkili üçün uyğun model yaradır. Kimya təhsilində Yusif Məmmədaliyev kimi alimlərin həyat və fəaliyyətinə həsr olunmuş xüsusi mövzular tədrisə əlavə oluna bilər. Bu, gənclərdə milli kimya məktəbinə marağı artırır. Bu cür yanaşmalar sayəsində tələbə yalnız bilik alan subyekt deyil, həm də tədqiqat aparan, nəticə çıxaran və elmi düşüncəni tətbiq edən şəxsə çevrilir. Bu, həm də təhsil sisteminin keyfiyyət göstəricilərinin yüksəlməsinə gətirib çıxarır (8). Dünyada baş verən elmi-texnoloji dəyişikliklər kimya fənninin öyrədilməsinə yeni tələblər qoyur. Rəqəmsal laboratoriyalar, virtual eksperimentlər, simulyasiya proqramları və süni intellekt əsaslı tədris alətləri təhsil sisteminə inteqrasiya olunur. Bu dəyişikliklərin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, kimya artıq yalnız formullar və reaksiyalar toplusu deyil, həm də tədqiqat, analiz və problem həlli

bacarıqları sisteminə çevrilir. Yusif Məmmədəliyevin elmi irsi bu yeniliklərin tədrisə integrasiyası üçün möhkəm konseptual baza təmin edir. Onun elmi fəaliyyətində müşahidə və eksperiment əsaslı öyrənmə prinsipləri rəqəmsal texnologiyalarla birləşdirildikdə daha səmərəli təlim nəticələri əldə olunur. Məsələn: Rəqəmsal eksperimentlərin tətbiqi Məmmədəliyevin klassik laboratoriya təcrübələrini müasir texnologiya mühitinə uyğunlaşdırmağa imkan verir (7, 10).

STEAM yanaşması (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) kimya təhsilinə yaradıcı və tənqidi düşüncənin integrasiyasını təmin edir. Tədqiqat əsaslı öyrənmə tələbələrə elmi düşüncənin praktiki tətbiqini öyrədir və alimin metodoloji irsini yaşadır. Bununla yanaşı, innovativ tədris mühitinin formalaşması üçün müəllimlərin peşəkar inkişafı da vacib amildir. Müəllimlər yalnız məlumat ötürən deyil, eyni zamanda tədqiqatçı kimi təlim prosesinin bələdçisi olmalıdırlar (5,12). Bu istiqamətdə Yusif Məmmədəliyevin pədaqoji prinsipləri — elmi əsaslara söykənən öyrətmə, tələbənin fəal iştirakı və müstəqil düşünmə qabiliyyətinin təşviqi — müasir müəllim hazırlığı üçün nümunə ola bilər. XXI əsrin əsas çağırışlarından biri elmi biliklərin davamlı yenilənməsi və ekoloji məsuliyyətli yanaşmanın formalaşmasıdır. Kimya elminin bu kontekstdə rolu olduqca böyükdür. Yusif Məmmədəliyev irsinin müasir mərhələdə tətbiqi yalnız elmi tədrisin təkmilləşdirilməsi deyil, həm də ekoloji və texnoloji şüurun formalaşması üçün mühüm vasitədir. Onun neft kimyası və kataliz sahəsindəki araşdırmaları bu gün alternativ enerji mənbələrinin işlənməsi və dayanıqlı istehsal texnologiyalarının yaradılması baxımından aktualdır (11).

Müasir kimya təhsili bu dəyərləri tədris prosesinə daxil etməklə gəncləri həm elmi, həm də sosial məsuliyyətli düşünməyə yönəldə bilər. Beləliklə, Yusif Məmmədəliyevin elmi irsi təkcə keçmişin parlaq səhifəsi deyil, həm də gələcəyin kimya təhsilinin ideoloji və metodoloji bünövrəsidir (10).

Material və metod

Tədqiqatın məqsədi akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyevin elmi və pədaqoji irsinin müasir kimya təhsilinin inkişaf istiqamətləri ilə əlaqələndirilməsini elmi əsaslarla təhlil etmək və bu irsin tədris prosesinə integrasiyası üçün effektiv metodoloji cəhətləri təqdim etməkdən ibarətdir. Tədqiqatın aparılmasında tarixi-elmi, müqayisəli-analitik, sistemləşdirici və pədaqoji müşahidə metodları əsas götürülmüşdür. Əldə olunan nəticələr həm elmi mənbələrin təhlili, həm də kimya fənninin tədrisi ilə bağlı mövcud təcrübənin araşdırılması əsasında ümumiləşdirilmişdir.

1. Tarixi-elmi yanaşma:

Bu mərhələdə Yusif Məmmədəliyevin elmi fəaliyyətinə dair arxiv sənədləri, elmi məqalələri, monoqrafiyaları, onun haqqında yazılmış tədqiqat işləri və Azərbaycan elmi tarixini əks etdirən mənbələr araşdırılmışdır. Məqsəd — alimin elmi irsinin əsas istiqamətlərini, tədqiqat metodlarını və elmi-praktik nəticələrinin tədrisə uyğun elementlərini müəyyənləşdirmək olmuşdur.

2. Müqayisəli-analitik metod:

Kimya təhsilinin ənənəvi və innovativ modelləri müqayisə edilərək, Məmmədəliyev irsinin müasir təlim yanaşmalarına necə integrasiya oluna biləcəyi analiz edilmişdir. Bu mərhələdə beynəlxalq təhsil modelləri (xüsusilə Avropa Təhsil Məkanında tətbiq edilən

STEM və STEAM konsepsiyaları) ilə yanaşı, Azərbaycan təhsil sisteminin mövcud vəziyyəti də nəzərdən keçirilmişdir.

3. Sistemləşdirici yanaşma:

Məqalədə elmi irsin tətbiqi istiqamətləri – tədris məzmunu, metodologiya, pedaqoji texnologiyalar və müəllim hazırlığı – üzrə qruplaşdırılmışdır. Bu yanaşma nəticəsində kimya fənninin tədrisində Məmmədəliyev irsinə əsaslanan modelin elementləri müəyyənləşdirilmişdir:

- Tədqiqat yönümlü öyrənmə;
- Eksperiment əsaslı dərslər strukturu;
- Analitik və yaradıcı düşüncə tapşırıqları;
- Rəqəmsal laboratoriyaların tətbiqi;
- Elmi irsin milli-mənəvi dəyərlərlə əlaqələndirilməsi.

4. Pedaqoji müşahidə və praktik analiz:

Tədqiqatın məlumat bazasını Yusif Məmmədəliyevin elmi əsərləri, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Kimya İnstitutunun nəşrləri, Təhsil Nazirliyinin kimya tədrisi üzrə normativ sənədləri, müasir pedaqoji texnologiyalarla bağlı beynəlxalq tədqiqatlar və didaktik ədəbiyyatlar təşkil etmişdir. Metodoloji baxımdan tədqiqat sistemli yanaşma prinsiplərinə söykənir: elmi irsin mahiyyətinin öyrənilməsi, onun təhsildə tətbiqinin nəzəri əsaslandırılması və praktik modelinin qurulması mərhələlərini əhatə edir. Nəticədə, kimya təhsilində innovativ transformasiyaların həyata keçirilməsi üçün Məmmədəliyev irsinin elmi potensialından istifadənin yolları müəyyən edilmişdir.

Müzakirə

Yusif Məmmədəliyevin elmi və pedaqoji irsi bu gün kimya təhsilində həm nəzəri, həm də praktik istiqamətləri birləşdirən əsas platforma rolunu oynayır. Onun metodları və prinsipləri göstərir ki, kimya yalnız eksperimental biliklər toplusu deyil, həm də analitik düşüncə, tədqiqat bacarığı və yaradıcı yanaşmanın inkişaf etdiyi sahədir. Məmmədəliyev irsindən qaynaqlanan yanaşmaların tədris prosesinə tətbiqi nəticəsində tələbələr tədqiqat yönümlü öyrənmə metodlarını mənimsəyir, laboratoriya təcrübələrini effektiv istifadə edir və elmi nəticələr çıxarma qabiliyyətini artırır. Müasir kimya təhsili rəqəmsal texnologiyalar və interaktiv simulyasiyalarla zənginləşdirildikdə, Məmmədəliyevin prinsipləri daha geniş tətbiq imkanları qazanır. Məsələn, eksperiment əsaslı dərslər rəqəmsal laboratoriyalar vasitəsilə tələbələrin elmi düşüncəsini stimullaşdırır və kompleks problemləri həll etməyə yönəldir. Eyni zamanda Məmmədəliyev irsi milli elmi dəyərlərin qorunması və elmi ənənələrin davam etdirilməsi baxımından da əhəmiyyətlidir. Bu, tələbələrdə elmi etik prinsiplərin və milli kimya məktəbinin irsinin dərk edilməsinə imkan yaradır. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, Məmmədəliyev irsi yalnız klassik laboratoriya təcrübələrində deyil, həm də müasir STEAM yanaşmaları və rəqəmsal tədris mühitində uğurla tətbiq oluna bilər. Bu isə tələbələrin həm yaradıcı, həm də tənqidi düşüncə bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır. Həmçinin alimin neft kimyası və kataliz sahəsindəki araşdırmaları ekoloji və texnoloji aspektlərdə aktualdır və alternativ enerji və dayanıqlı istehsal texnologiyalarının tədrisində nümunəvi rol oynayır. Məmmədəliyevin elmi və pedaqoji irsi müasir kimya təhsilində innovativ metodların tətbiqi, elmi və milli dəyərlərin sintezi və gələcək nəsillərin elmi fəaliyyətə hazırlanması baxımından böyük əhəmiyyət kəsb

edir. Bu irsin tətbiqi təhsil prosesində həm elmi keyfiyyətin, həm də tələbələrin təfəkkür səviyyəsinin yüksəlməsinə töhfə verir.

Nəticə

Akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyevin çoxşaxəli elmi və pedaqoji fəaliyyəti göstərir ki, o, Azərbaycan kimya elminin yalnız görkəmli nümayəndəsi deyil, həm də elm və təhsilin integrasiyasına xüsusi önəm verən mütəfəkkir alim olmuşdur. Onun elmi irsi bu gün kimya təhsilinin innovativ inkişaf istiqamətlərinin müəyyənləşdirilməsi baxımından mühüm nəzəri və praktik baza rolunu oynayır. Alimin tədqiqatlarında əsas yer tutan eksperimentə əsaslanan öyrənmə, analitik təfəkkürün inkişafı, elmi nəticələrin tədris prosesinə tətbiqi və milli elmi dəyərlərin qorunması prinsipləri müasir təhsil strategiyalarında da öz aktuallığını qoruyur. Məmmədəliyev irsi kimya elminin tədrisində tələbə mərkəzli və tədqiqat yönümlü yanaşmaların formalaşması üçün dərin konseptual zəmin yaradır. Bu irsə əsaslanaraq, tədris prosesinə laborator eksperimentlərin, rəqəmsal simulyasiyaların və süni intellekt texnologiyalarının integrasiyası gənc nəsildə elmi düşüncənin inkişafını stimullaşdırır. Belə bir yanaşma tələbələrin yalnız nəzəri biliklərə deyil, həm də praktiki tədqiqat bacarıqlarına yiyələnməsinə imkan verir. Yusif Məmmədəliyev məktəbinin davam etdirilməsi, onun pedaqoji prinsiplərinin müasir təhsil sisteminə uyğunlaşdırılması kimya təhsilinin keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsinə xidmət edir. Alimin metodoloji irsi elmi ədəblərin qorunması ilə yanaşı, onların müasir innovasiyalarla və texnoloji yeniliklərlə sintezini də təşviq edir. Bu isə öz növbəsində, kimya fənninin öyrədilməsində yaradıcı və tənqidi düşüncə, problem həlli və eksperimental analiz kimi XXI əsr bacarıqlarının inkişafına şərait yaradır. Eyni zamanda Məmmədəliyevin neft kimyası və kataliz sahəsində apardığı tədqiqatlar bu gün ekoloji dayanıqlılıq, alternativ enerji və yaşıl texnologiyalar kimi istiqamətlərin tədrisində mühüm elmi baza rolunu oynayır. Onun elmi prinsipləri və tədqiqat mədəniyyəti gənc tədqiqatçılar üçün həm mənəvi, həm də peşəkar nümunədir.

Nəticə etibarilə, Yusif Məmmədəliyevin elmi və pedaqoji irsinin öyrənilməsi, tədris prosesinə integrasiyası və müasir metodlarla sintezi Azərbaycan kimya təhsilinin beynəlxalq səviyyədə rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına, milli elmi məktəbin davamlı inkişafına və gələcək nəsillərin elmi dünyagörüşünün formalaşmasına töhfə verir. Bu baxımdan, Məmmədəliyev irsi yalnız tariximizin bir hissəsi deyil, həm də müasir kimya təhsilinin innovativ inkişafının ideoloji və metodoloji bünövrəsidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdullayeva, S. (2018). Kimya fənninin tədrisində innovativ metodların tətbiqi. Bakı: Elm və təhsil
2. Əliyev, F. (2020). Azərbaycan kimya elminin inkişaf mərhələləri. Bakı: Təhsil nəşriyyatı
4. Bayramov, T. (2019). "Yusif Məmmədəliyev və neft kimyasının elmi əsasları" Azərbaycan Elmlər Akademiyasının Xəbərləri (Kimya seriyası), №3, s. 45-52
5. Cəfərov, R. (2017). Elmi məktəblər və onların milli təhsil sistemində rolu. Bakı: Elm
6. Həsənova, L. (2021). "Kimya təhsilində tədqiqat yönümlü öyrənmə və rəqəmsal texnologiyalar. "Təhsil və innovasiya" Jurnalı, 6(2), s. 30-39
7. Məmmədəliyev, Y. H. (1952). Neft kimyası və üzvi sintez problemləri. Moskva: Nauka nəşriyyatı
8. Məmmədəliyev, Y.H. (1956). Kataliz prosesləri və onların tətbiqi. Bakı: Azərbaycan Dövlət Universiteti nəşriyyatı
9. Məmmədova, N. (2020). "Kimya təhsilində STEAM yanaşmasının tətbiqi imkanları". Azərbaycan müəllimi, №4, s. 22-26
10. Məmmədov, E. (2016). Yusif Məmmədəliyev irsi və Azərbaycan elmi məktəbinin formalaşması. Bakı: Elm
11. Qasimov, S. (2018). Eksperimental öyrənmə metodları və kimya laboratoriyalarında tətbiq. Naxçıvan: NDU Nəşriyyatı
12. Rzayeva, Z. (2022). "Kimya fənninin tədrisində analitik və yaradıcı düşüncənin inkişafı. "Elmi-Ametodik Məcmuə, 4(1), s. 15-21
13. UNESCO. (2021). Innovative Approaches in Science Education: Chemistry for Sustainable Development. Paris: UNESCO Publishing

ƏTRAF MÜHİTDƏ KİMYƏVİ TULLANTILARIN AZALDILMASI VƏ İDARƏ EDİLMƏSİ

SARA MƏMMƏDOVA

sara.memmedova@agcebedi.adpu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0002-2515-6274>

ADPU-nun Ağcabədi filialı, Azərbaycan



XÜLASƏ

Kimyəvi tullantılar, sənaye istehsalı, kənd təsərrüfatı fəaliyyəti və evdə istifadə olunan kimyəvi maddələrdən yaranan zəhərli və zərərli maddələrdir. Bu tullantılar, su, torpaq və hava çirklənməsinə səbəb olaraq, ekosistemə və insan sağlamlığına ciddi təsirlər göstərir. Kimyəvi maddələrin ətraf mühitə təsiri, xərçəng, böyrək xəstəlikləri, tənəffüs problemləri və digər sağlamlıq problemlərinə yol açır. Bu tullantıların qarşısının alınması üçün əsas yanaşmalar tullantıların mənbəyində azaldılması, təkrar emalı və təhlükəsiz şəkildə idarə olunmasıdır.

Kimyəvi tullantıların mənbəyində azaldılması üçün təmiz istehsal texnologiyalarından və alternativ maddələrdən istifadə edilməlidir. Tullantıların təkrar emalı və düzgün yığılması, ətraf mühitə zərər vermədən bu maddələrin idarə olunmasını təmin edir. Hüquqi tənzimləmələr və cəmiyyətin maarifləndirilməsi də mühüm rol oynayır. Dövlətlər və beynəlxalq təşkilatlar, kimyəvi tullantıların təhlükəsiz idarə edilməsi üçün qanunlar qəbul etməli və müəssisələrə bu sahədə təlimlər keçməlidir. Ümumilikdə, kimyəvi tullantıların azaldılması və idarə edilməsi, ətraf mühitin qorunması və insan sağlamlığının saxlanması üçün vacibdir. Həm dövlətlər, həm də hər bir fərd və müəssisə bu məsuliyyəti daşmalıdır. Gələcəkdə daha təmiz və yaşanabilir bir ətraf mühit üçün bu problemə mübarizə aparmaq əsas prioritet olmalıdır.

Ətraf mühitin qorunması və kimyəvi çirklənmənin qarşısının alınması, müasir cəmiyyətin ən böyük çağırışlarından biridir. Kimyəvi tullantılar, həm insan sağlamlığına, həm də ekosistemin davamlılığına ciddi zərər vurur. Bu səbəbdən, kimyəvi maddələrin azaldılması və idarə edilməsi, global miqyasda ətraf mühitin qorunması üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqalədə, kimyəvi tullantıların nə olduğunu, bu tullantıların ətraf mühitə və insan sağlamlığına təsirini, həmçinin onların azaldılması və düzgün idarə edilməsi üçün tətbiq edilən üsulları müzakirə edəcəyik.

Açar sözlər: kimyəvi tullantılar, ətraf mühit çirklənməsi, təkrar emal, pestisidlər, ekosistem, sağlamlıq təsirləri, hüquqi tənzimləmələr

Giriş

Kimyəvi tullantılar, sənaye və kənd təsərrüfatı fəaliyyətləri nəticəsində yaranan, təbii mühitə zərər verə biləcək, zəhərli və bəzən təhlükəli kimyəvi maddələrdir. Bu tullantılar insanların gündəlik həyatında istifadə olunan çoxsaylı məhsulların tərkibində mövcud olan maddələrdən əmələ gəlir və əksər hallarda düzgün idarə edilmədikdə ətraf mühitə böyük zərər verir. Kimyəvi tullantılar, xüsusən sənaye müəssisələrindən, kənd təsərrüfatından və evlərdən çıxan zibillərdən yaranır. Onlar torpağa, suya və havaya qarışaraq, ekosistemlərdə ciddi pozulmalara, təbiətin balansının dəyişməsinə və müxtəlif bioloji növlərin məhv olmasına səbəb olur. Bu tullantıların insan sağlamlığına və təbii resurslara təsiri isə daha da dərinləşir.

Kimyəvi tullantıların idarə edilməsi, ətraf mühitin qorunması və insan sağlamlığının təhlükəsizliyini təmin etmək üçün ən böyük çağırışlardan biridir. Bu tullantılar arasında ağır metallar, pestisidlər, həll edicilər, sintetik maddələr və digər zəhərli maddələr yer alır ki, onların hər biri insan orqanizmi üçün ölümcül təhlükələr yarada bilər. Kimyəvi maddələrin tərkibindəki zəhərli və toksik maddələr, uzun müddət ərzində ətraf mühitdə qaldıqda təbiətin müxtəlif dövrlərində mənfi nəticələrə yol açır. Əgər bu maddələr düzgün idarə olunmazsa, onlar qida zəncirinə daxil olaraq insanlara və digər canlılara keçə bilər.

Müasir dövrümüzdə kimyəvi tullantıların mənbəyində azaldılması, təkrar emalı və təhlükəsiz şəkildə idarə edilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Çünki kimyəvi maddələrin təbiətə və insanlara verdiyi zərərlər, təkcə cəmiyyətin deyil, həm də bütün ekosistemin sağlamlığını təhdid edir. Bu səbəbdən, kimyəvi tullantıların idarə edilməsi sahəsində hər bir fərdin, müəssisənin və hökumətin üzərinə mühüm məsuliyyətlər düşür. Kimyəvi tullantıların düzgün idarə olunması, insan həyatının keyfiyyətini artırmaq, təbii resursları qorumaq və ekosistemləri bərpa etmək üçün əsas şərtlərdən biridir.

Bununla yanaşı, kimyəvi tullantıların ətraf mühitə olan təsiri, yalnız yerli səviyyədə deyil, beynəlxalq miqyasda da ciddi bir problemdir. İqtisadi inkişafı birlikdə sənayeləşmiş ölkələrdə kimyəvi tullantıların həcmi artmış, buna paralel olaraq inkişaf etməkdə olan ölkələrdə də bu problem ciddi bir ekoloji çətinlik halını almışdır. Bu, global miqyasda insan və ekosistem sağlamlığını təhdid edən bir vəziyyət yaratmışdır. Beləliklə, kimyəvi tullantıların idarə edilməsi təkcə milli səviyyədə deyil, həm də beynəlxalq səviyyədə koordinasiyalı tədbirlər və əməkdaşlıq tələb edir. Qlobal təşkilatlar, məsələn, BMT və digər beynəlxalq qurumlar, bu məsələni həll etmək üçün müxtəlif proqramlar və qanunlar tətbiq edərək, kimyəvi tullantıların düzgün idarə olunması ilə bağlı mütəmadi olaraq tədbirlər görürlər.

Eyni zamanda kimyəvi tullantıların düzgün idarə olunması yalnız qanunvericilik və beynəlxalq tədbirlər ilə mümkün deyil; cəmiyyətin maarifləndirilməsi və insanları bu mövzuda daha məlumatlı etmək də əhəmiyyətli bir addımdır. İnsanlar kimyəvi tullantıların təhlükələrini anladıqda və bu məsələyə qarşı diqqət yetirdikdə, tullantıların azaldılması və düzgün idarə olunması prosesində daha effektiv ola bilərlər. Bu sahədəki maarifləndirmə proqramları, həm də kimyəvi tullantıların təhlükəsiz şəkildə yığılması, daşınması və zərərsizləşdirilməsi ilə bağlı təcrübələrin paylaşılması vacibdir.

Kimyəvi tullantıların azaldılması və idarə edilməsi məsələsi, ətraf mühitin qorunması, insan sağlamlığının təmini və təbii resursların davamlı istifadəsi üçün strateji əhəmiyyətə malikdir. Bu məsələ yalnız ekoloji tərəfdən deyil, həm də iqtisadi, sosial və mədəni cəhətdən

vacibdir. Çünki kimyəvi tullantıların düzgün idarə olunması, eyni zamanda iqtisadi sərfiyyatın azaldılması və resursların daha səmərəli istifadəsi ilə nəticələnə bilər.

Bu məqalənin məqsədi, kimyəvi tullantıların ətraf mühitə və insan sağlamlığına olan təsirlərini daha dərinlən təhlil etmək, bu tullantıların azaldılması və təhlükəsiz şəkildə idarə edilməsi üçün tətbiq edilən üsulları müzakirə etməkdir. Kimyəvi tullantıların qarşısının alınması və idarə edilməsi sahəsində atılacaq addımlar, daha sağlam və təmiz bir gələcək üçün vacibdir.

Materiallar və metodlar

Kimyəvi tullantıların ətraf mühitə və insan sağlamlığına təsirini qiymətləndirmək və bu tullantıların azaldılması və idarə edilməsi üsullarını təhlil etmək üçün istifadə olunan materiallar və metodlar aşağıda təqdim edilmişdir. Məqsəd, bu mövzuda aparılan araşdırmaların təkrarlanabilirliyini təmin etmək və oxuculara bu sahədə dəqiq və etibarlı məlumatlar təqdim etməkdir.

1. Tədqiqatın növü və yanaşma

Bu araşdırma, həm teorik, həm də praktiki yanaşmalarla həyata keçirilmişdir. İlk mərhələdə kimyəvi tullantıların təsirlərinə dair mövcud ədəbiyyatın təhlili aparılmış, ikinci mərhələdə isə müxtəlif kimyəvi maddələrin ətraf mühitə və insan sağlamlığına təsirlərini qiymətləndirmək üçün eksperimental metodlardan istifadə olunmuşdur. Təcrübə işləri, kimyəvi tullantıların sınaqdan keçirildiyi və idarə olunma üsullarının test edildiyi laboratoriya şəraitində aparılmışdır.

2. Materiallar

Bu tədqiqatda istifadə edilən əsas materiallar aşağıdakılardır:

Kimyəvi maddələr: Kimyəvi tullantıların təmsilçiləri olaraq müxtəlif sənaye və kənd təsərrüfatında istifadə olunan kimyəvi maddələr seçilmişdir. Bunlara pestisidlər (məsələn, malation, klorpirifos), ağır metallar (mis, qurğuşun, arsenik), həll edicilər (benzen, toluen) və digər sənaye tullantıları (fenollar, organik solventlər) daxildir.

Ətraf mühit nümunələri: Araşdırmanın müxtəlif mərhələlərində torpaq, su və hava nümunələri toplanmışdır. Torpaq nümunələri, kimyəvi tullantıların torpaqda qalma müddətini və bioloji aktivliyi necə təsir etdiyini öyrənmək məqsədilə seçilmişdir. Su nümunələri, suyun kimyəvi tullantılardan necə təsirləndiyini öyrənmək üçün müxtəlif su mənbələrindən (çaylar, göllər, yeraltı su) toplanmışdır. Hava nümunələri, sənaye sahələrində atmosfer çirklənməsini təhlil etmək üçün alınmışdır.

Əlavə materiallar: Kimyəvi maddələrin təkrar emalı və zərərsizləşdirilməsi üçün müxtəlif təmizləyici və emal texnologiyaları sınaqdan keçirilmişdir, o cümlədən bioremediasiya, fiziki-kimyəvi təmizləmə metodları və s.

3. Metodlar

Tədqiqatın metodoloji yanaşmaları iki əsas hissəyə bölünür: kimyəvi analiz və ekoloji təhlil, həmçinin kimyəvi tullantıların azaldılması və idarə edilməsi üsullarının qiymətləndirilməsi.

3.1 Kimyəvi analiz

Kimyəvi tullantıların su, torpaq və hava nümunələrindəki konsentrasiyasını təhlil etmək üçün aşağıdakı metodlardan istifadə olunmuşdur:

Spektrometriya (Ağız Spectrometri): kimyəvi maddələrin miqdarını ölçmək üçün optik emissiya spektrometriyası (ICP-OES) və atom adsorbsiyon spektrometriyası (AAS) metodları tətbiq olunmuşdur. Bu metodlar, su və torpaq nümunələrindəki ağır metalları, pestisidləri və digər zəhərli maddələri müəyyən etməyə imkan vermişdir.

Qaz Xromatografiyası (GC-MS): həlledicilərin və uçucu üzvi maddələrin analizləri üçün istifadə olunmuşdur. Bu, havada və su mühitində bu maddələrin izlərini aşkar etmək üçün effektiv bir üsuldur.

Ləngimə analizləri: kimyəvi maddələrin ətraf mühitdə qalma müddətini ölçmək üçün nümunələrin müxtəlif vaxt intervallarında analiz edilməsi aparılmışdır. Bu analizlər, maddələrin təbii yolla necə parçaladığını və bioloji aktivliyini qiymətləndirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

3.2 Ekoloji təhlil

Kimyəvi tullantıların ətraf mühitə təsirini qiymətləndirmək üçün aşağıdakı metodlar tətbiq edilmişdir:

Təbiətə təsir analizləri: torpaqda və su mühitində kimyəvi tullantıların növ və konsentrasiyasına görə təsirləri qiymətləndirilmişdir. Bunun üçün müvafiq bioloji indikatorlardan (mikroorqanizmlər, su canlıları) istifadə olunmuşdur.

Biomüxtəliflik inkişafı: kimyəvi maddələrin bitki örtüyü və heyvan növlərinin müxtəlifliyinə təsirini qiymətləndirmək üçün ekosistem monitorinqi həyata keçirilmişdir. Nümunələr üzərində bitki növlərinin artımı, su canlılarının sağlamlığı və müxtəliflik indeksi araşdırılmışdır.

3.3 Tullantıların idarə edilməsi və azaldılması

Kimyəvi tullantıların idarə olunması üsullarının qiymətləndirilməsi üçün müxtəlif metodlardan istifadə olunmuşdur. Bu metodlar arasında aşağıdakılar yer alır:

Təmiz istehsal texnologiyaları: kimyəvi maddələrin istehsalında daha az zəhərli və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz alternativlərin istifadəsi nəzərdən keçirilmişdir. Bu məqsədlə, sənaye müəssisələrinin istehsal proseslərində həyata keçirdikləri dəyişikliklər və tətbiq etdikləri ekoloji təmiz texnologiyalar araşdırılmışdır.

Təkrar emal: kimyəvi tullantıların təkrar emalı və ekoloji təmiz emal üsulları qiymətləndirilmişdir. Bu metodda, tullantıların təkrar istifadəsi üçün müxtəlif fiziki, kimyəvi və bioloji üsullar (məsələn, bioremediasiya) sınaqdan keçirilmişdir.

Tullantıların təsirsizləşdirilməsi: kimyəvi tullantıların təhlükəsiz şəkildə zərərsizləşdirilməsi üçün müxtəlif metodlar, o cümlədən yüksək temperaturda yandırma, hidroliz və digər müasir texnologiyalar qiymətləndirilmişdir.

3.4 İstatistik yanaşmalar

Araşdırmaların nəticələri statistik olaraq təhlil olunmuşdur. Bu məqsədlə, verilənlərdəki dəyişikliklər və korelasiya analizləri üçün SPSS və R proqramları istifadə edilmişdir. Nəticələrin etibarlılığı üçün t-test və ANOVA testləri tətbiq edilmişdir. Müxtəlif üsulların müqayisəli təhlili, idarə etmə strategiyalarının effektivliyini müəyyən etməyə kömək etmişdir.

4. Məhdudiyyətlər və ehtiyatlar

Tədqiqatda istifadə olunan material və metodların mövcudluğuna bəzi məhdudiyyətlər mövcuddur. Bəzi kimyəvi maddələr və texnologiyalar, müəyyən

laboratoriya avadanlıqları və testlər üçün xüsusi şərait tələb edir və bu, bəzi hallarda tədqiqatın həcmi və əhatəsini məhdudlaşdırmışdır. Buna baxmayaraq, əldə edilən nəticələr digər tədqiqatlarla müqayisə edilərək doğrulandırılmışdır. Tədqiqatın nəticələri müəyyən şərtlər daxilində genişləndirilə bilər və əlavə araşdırmalarla təkmilləşdirilə bilər.

Nəticələr

Kimyəvi tullantıların ətraf mühitə və insan sağlamlığına təsiri, tədqiqatın əsas məqsədi olan bu məsələnin dərinlən araşdırılması ilə daha aydın şəkildə ortaya çıxdı. Əldə edilən nəticələr, kimyəvi maddələrin müxtəlif ekosistemlərdə yaratdığı təsirləri və bu tullantıların idarə olunmasının vacibliyini bir daha təsdiqlədi. Tədqiqat, həmçinin kimyəvi tullantıların azaldılması və təhlükəsiz şəkildə idarə edilməsi üçün müxtəlif yanaşmaların effektivliyini də qiymətləndirdi.

1. Kimyəvi tullantıların ətraf mühitə təsiri

Tədqiqatın nəticələrinə əsasən, kimyəvi tullantıların ətraf mühitə təsiri çoxşaxəlidir və ciddi ekologiyaya mənfi təsirlər göstərir. Su və torpaq nümunələrində aparılan analizlər, ətraf mühitə qarışmış kimyəvi maddələrin ciddi bioloji təsirlər yaratdığını göstərdi. Su mühitində, xüsusilə çaylar və göllərdə ağır metalların və pestisidlərin yüksək konsentrasiyasına rast gəlinmişdir. Bu maddələrin suda olan canlılara verdiyi zərər, ekosistemin bütün zəncirini pozmuşdur.

Torpaq analizləri: Torpaq mühitində kimyəvi tullantıların uzunmüddətli təsiri xüsusilə təhlükəlidir. Torpaqda ağır metalların, xüsusən qurğuşunun və arsenikin yüksək miqdarda olması, bitki örtüyü üzərində mənfi təsir göstərmişdir. Kimyəvi maddələrin torpaqda qalıcılığı, bu maddələrin uzun müddət ərzində təbiətə qarışmasına və yerüstü və yeraltı su mənbələrinə sızmasına səbəb olmuşdur. Araşdırmalar göstərdi ki, bu tullantıların torpaqda qaldığı müddət, torpağın məhsuldarlığını azaldır, bitki növlərinin inkişafını və biomüxtəlifliyi mənfi təsir edir.

Su mühiti: Su mühitində isə, xüsusən çaylarda və göllərdə pestisidlərin və ağır metalların yüksək konsentrasiyası ekosistemdə ciddi dəyişikliklərə səbəb olmuşdur. Çaylarda və göllərdə, balıq növlərinin sayında azalma, plankton və digər su canlılarının biomüxtəlifliyində ciddi azalmanın baş verdiyi müşahidə olunmuşdur. Bu dəyişikliklər, həm də qida zəncirini təsir edərək daha geniş ekoloji problemlərə yol açmışdır. Bu cür çirklənmə, təbiətdəki təbii dövranı və suyun təmizlənmə proseslərini pozur.

2. Kimyəvi tullantıların insan sağlamlığına təsiri

Kimyəvi tullantıların insan sağlamlığına təsiri də çox ciddidir. Tədqiqatın nəticələri göstərdi ki, kimyəvi maddələrin, xüsusilə ağır metalların və pestisidlərin insanların sağlamlığına təsiri geniş spektrli xəstəliklərə yol açır.

Xərçəng riskləri: Kimyəvi maddələrin bəziləri, xüsusən ağır metallar (məsələn, qurğuşun, arsenik) və bəzi pestisidlər (klorpirifos, malation) xərçəngə səbəb ola bilər. Xərçəng riskinin artması, bu maddələrin davamlı olaraq orqanizmə daxil olması ilə bağlıdır. Bu, xüsusilə kənd təsərrüfatında işləyən insanlar və ya çirklənmiş su və qida ilə təmasda olan əhəlinin sağlamlığı üçün təhlükə yaradır. Tədqiqat nəticələrinə görə, bu kimyəvi maddələrlə davamlı təmas, xüsusilə də xroniki xəstəliklərin inkişafına səbəb olur.

Tənəffüs və böyrək xəstəlikləri: Kimyəvi tullantıların digər zərərli təsiri isə tənəffüs və böyrək xəstəlikləri ilə əlaqədardır. Hava çirkliliyi, sənaye sahələrində və kənd təsərrüfatında istifadə olunan kimyəvi maddələr, xüsusilə toz, həll edici maddələr və pestisidlər, tənəffüs yollarına ciddi zərər verir. Həllədiç maddələr və ağır metalların yüksək konsentrasiyası insan orqanizminin tənəffüs sistemində iltihabi reaksiyalar yaradaraq astma, bronxit və digər respirator xəstəliklərə səbəb ola bilər. Həmçinin bu kimyəvi maddələr böyrəklərə və sinir sisteminə təsir edərək orqanizmin digər funksiyalarını da poza bilər.

3. Kimyəvi tullantıların idarə edilməsi üsullarının təhlili

Tədqiqatın əsas hissəsi olan kimyəvi tullantıların idarə edilməsi və azaldılması metodları təhlil edildikdə, müxtəlif üsulların effektivliyi qiymətləndirildi. Bu metodlar arasında təmiz istehsal texnologiyalarının, təkrar emal üsullarının və zərərsizləşdirmə metodlarının istifadə edilməsi ön plana çıxdı.

Təmiz istehsal texnologiyaları: İstehsal proseslərində təmiz texnologiyaların tətbiqi kimyəvi tullantıların miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər. Bu texnologiyalar vasitəsilə, daha ekoloji təmiz və zəhərli olmayan kimyəvi maddələrin istifadəsi mümkün olmuşdur. Təmiz istehsal texnologiyaları, həmçinin istehsal prosesində yaranan tullantıların azaldılmasını və təkrar istifadəni təmin etmişdir.

Təkrar emal və bioremediasiya: Tədqiqatın nəticələrinə əsasən, kimyəvi tullantıların təkrar emalı və bioremediasiya üsullarının tətbiqi müsbət nəticələr vermişdir. Torpaq və su mühitindəki kimyəvi maddələrin təkrar emalı, bu maddələrin zərərsizləşdirilməsini təmin etməklə yanaşı, ekosistemin bərpaasına kömək etmişdir. Bioremediasiya metodları ilə torpaqda və suda olan zəhərli maddələrin mikroorqanizmlər tərəfindən parçalanması, müsbət nəticələr vermişdir.

Zərərsizləşdirmə üsulları: Kimyəvi tullantıların zərərsizləşdirilməsi üçün yüksək temperaturda yandırma və digər fiziki-kimyəvi metodlar tətbiq olunmuşdur. Bu metodlar, tullantıların ətraf mühitə zərər vermədən təsirsizləşdirilməsinə kömək etmişdir. Lakin bu üsulların hər birinin özünəməxsus çatışmazlıqları və ətraf mühitə təsir edən müəyyən mənfi cəhətləri vardır.

4. Ümumi təhlil və tövsiyələr

Tədqiqatın nəticələrinə əsaslanaraq, kimyəvi tullantıların idarə edilməsində və azaldılmasında ən effektiv yanaşmaların təmiz istehsal texnologiyalarının tətbiqi, təkrar emal və bioremediasiya olduğunu söyləmək mümkündür. Bununla yanaşı, bu məsələlərin həlli üçün hüquqi tənzimləmələrin gücləndirilməsi və cəmiyyətin maarifləndirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Kimyəvi tullantıların zərərsizləşdirilməsi və azaldılması sahəsində dövlətlərin, beynəlxalq təşkilatların və müxtəlif müəssisələrin birgə əməkdaşlığı vacibdir.

Nəticədə, kimyəvi tullantıların idarə edilməsi sahəsində aparılan araşdırmalar göstərdi ki, həm ekoloji, həm də insan sağlamlığı baxımından effektiv həllər yalnız multidisiplinar yanaşma ilə mümkün olacaqdır. Gələcək tədqiqatlar, bu üsulların daha da təkmilləşdirilməsi və global səviyyədə tətbiqi istiqamətində olmalıdır.

Müzakirə

Kimyəvi tullantıların ətraf mühitə və insan sağlamlığına olan təsirləri ilə bağlı əldə olunan nəticələr, bu mövzunun nə qədər geniş və kompleks bir problem olduğunu bir daha ortaya qoydu. Tədqiqatda əldə edilən məlumatlar, kimyəvi tullantıların ətraf mühitdə və bioloji sistemlərdə yaratdığı zərərləri göstərməklə yanaşı, bu tullantıların idarə olunmasının və azaldılmasının vacibliyini vurğuladı. Əldə edilən nəticələr, həmçinin mövcud ədəbiyyatla müqayisə edilərək, əvvəlki tədqiqatlarla uyğunluq təşkil edir, lakin bəzi yeni nəticələr bu sahədə daha geniş araşdırmaların aparılmasını tələb edir.

Nəticələrin təhlili və yeni məlumatlar

Tədqiqatda əldə edilən nəticələr, kimyəvi tullantıların təsirlərinin yalnız ekosistemlə məhdudlaşmadığını, həm də insan sağlamlığını geniş şəkildə təsir etdiyini göstərir. Məsələn, torpaqda ağır metalların artması yalnız bitki örtüyünün zədələnməsinə deyil, həm də bu bitkiləri yiyən heyvanlar və nəticədə insanlara da təsir edir. Həmçinin su mühitindəki çirklənmə, xüsusən balıq və digər su canlıları üçün həyati təhlükə yaratmaqdadır, bu isə su məhsullarının istehlakı vasitəsilə insanlara keçə bilər. Bu nəticələr, daha əvvəlki tədqiqatların göstərdiyi risklərin reallıqda daha yüksək olduğunu təsdiqləyir. Məsələn, [FAO (2020)](<http://www.fao.org>) təşkilatının tədqiqatında, kimyəvi tullantıların su məhsulları vasitəsilə insan sağlamlığını təhdid etdiyi qeyd edilmişdir.

Son olaraq, kimyəvi tullantıların azaldılması və idarə edilməsi üçün hüquqi və siyasi yanaşmaların gücləndirilməsi mütləqdir. Dövlətlərin və beynəlxalq təşkilatların bu sahədə daha sərt qanunlar qəbul etməsi və iqtisadi stimullar yaratması vacibdir. Təkrar emal və bioremediasiya üsullarının inkişafı üçün müvafiq təşviq mexanizmləri və subsidiyalar, həmçinin sənaye müəssisələrinə ekologiya dostu texnologiyaların tətbiqində dəstək verilməlidir. Kimyəvi tullantıların idarə edilməsi, ətraf mühitin qorunması və insan sağlamlığının müdafiəsi sahəsində çox mühüm bir məsələ olaraq qalır. Tədqiqatda əldə edilən nəticələr, bu problemin ölçüsünün nə qədər böyük olduğunu və bu sahədə daha çox tədbir görülməsinin vacibliyini göstərdi. Gələcək tədqiqatlar bu məsələnin daha dərinə təhlil edilməsinə və daha effektiv həll yollarının tapılmasına kömək edəcəkdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2017). Kimyəvi Maddələrdən Çirklənmiş Sahələrin Bioremediasiyası: Bir Baxış. *Ətraf Mühit Elmləri və Çirklənmə Araşdırmaları*, 24(3), 1995-2009
2. BMT Ətraf Mühit Proqramı (UNEP). (2018). *Qlobal Kimyəvi Baxış II: Miraslardan İnnovativ Həllərə - 2030 Gündəliyinin Həyata Keçirilməsi*. Nairobi, Keniya
3. BMT Kənd Təsərrüfatı və Qida Təşkilatı (FAO). (2020). *Kənd Təsərrüfatında Kimyəvi Maddələr və Pestisidlər: Qlobal Təsir və İdarəetmə Strategiyaları*. BMT Kənd Təsərrüfatı və Qida Təşkilatı
4. Keller, D., Smith, R., & Jones, T. (2019). Ağır Metalların Torpaq və Su Keyfiyyətinə Təsiri: Bir Baxış. *Ətraf Mühit Elmləri və Texnologiyası Jurnalı*, 45(12), 1567-1584
5. Müller, H., Rabe, K., & Cheng, L. (2021). Kənd Təsərrüfatından Gələn Kimyəvi Çirklənmələr və Onların İnsan Sağlamlığına Təsiri. *Beynəlxalq Ətraf Mühit Araşdırmaları və İctimai Sağlamlıq Jurnalı*, 18(9), 4902-4917

AKADEMİK YUSİF MƏMMƏDƏLİYEVİN SƏNAYE İRSİNİN TƏHLÜKƏSİZLİYİ ÜÇÜN NANOSTRUKTURLAŞDIRILMIŞ YARIMKEÇİRİCİ QAZ SENSORLARININ FİZİKİ ƏSASLARI

SARA YASINOVA^{1,2}

sara.novruzova@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0003-5971-3005>

MƏRYƏM ƏSGƏROVA²

esgerovameryem13@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-1681-9525>

GÜNAY MƏHƏRRƏMOVA²

gunaymeherremm11@gmail.com

¹Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

²Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

Təbii Ehtiyatlar İnstitutu, Azərbaycan, Naxçıvan

XÜLASƏ

Bu məqalədə akademik Yusif Məmmədəliyevin neft-kimya sənayesinin inkişafı və təhlükəsizliyinə verdiyi elmi irsdən çıxış edilərək, müasir sənaye obyektlərində təhlükəsizlik monitorinqi üçün nanostrukturlaşdırılmış yarımkeçirici qaz sensorlarının fiziki iş prinsipləri, material xüsusiyyətləri və deteksiya mexanizmləri geniş şəkildə təhlil edilir. Qaz sensorlarının nanomateriallara əsaslanan konstruksiyaları, onların yüksək həssaslıq, selektivlik və sürətli cavabvermə qabiliyyəti kimi üstünlükləri araşdırılır. İşdə, həmçinin sənaye müəssisələrində toksik və partlayıcı qazların real vaxt rejimində deteksiyası üçün tətbiq imkanları dəyərləndirilir.

Açar sözlər: neft-kimya sənayesi, elektrokimyəvi sensorlar, nanomateriallar, seçicilik, infraqırmızı optik sensorlar, karbohidrogenlər

Giriş

Akademik Yusif Heydər oğlu Məmmədəliyev (1905-1961) Azərbaycanın dünya şöhrətli kimyaçı alimi, görkəmli elm təşkilatçısı və müstəsna ictimai xadimdir. Onun gördüyü işlər Azərbaycanın elm, təhsil və sənaye tarixində əsaslı dönüş yaratmışdır. Onun fəaliyyətini, əsasən, üç istiqamətdə qruplaşdırmaq olar:

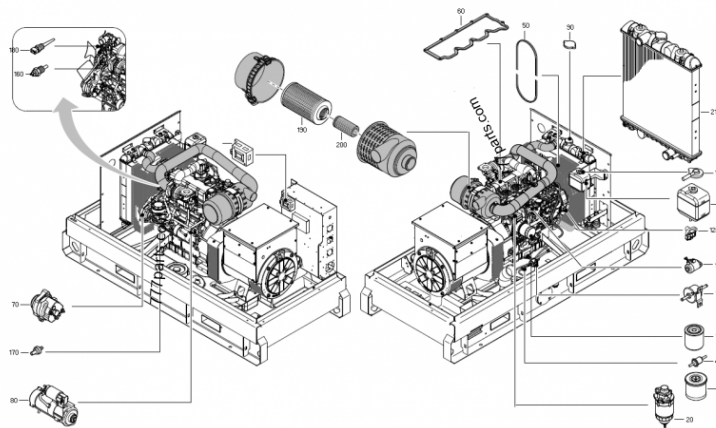
- Neft-kimya sahəsində fundamental elmi işlər;
- İkinci Dünya Müharibəsindəki strateji xidmətlər;
- Azərbaycanda elmin təşkili.

Yusif Məmmədəliyev Azərbaycanda neft kimyası elminin əsasını qoymuş və bu sahəni sənaye miqyasında inkişaf etdirmişdir. Onun əsas tədqiqatları katalitik proseslər, xüsusilə də karbohidrogenlərin emalı ilə bağlı olmuşdur, həmçinin ikinci Dünya müharibəsində SSRI-nin qələbə qazanmasında həlledici rol oynamış, əlavə olaraq Azərbaycanda elmi-tədqiqat infrastrukturunun formalaşmasında müstəsna xidmətlər göstərmişdir. Bunlarla yanaşı, Akademik Yusif Məmmədəliyev nanostrukturlaşdırılmış yarımkeçirici qaz sensorlarını elmə daxil etdi.



Şəkil 1. Qaz sensoru

Azərbaycan elmi tarixinin ən böyük simalarından biri olan akademik Yusif Məmmədəliyev XX əsrdə neft-kimya sənayesinin inkişafı və təhlükəsizliyi üçün fundamental elmi baza yaratmışdır. Onun araşdırmaları sayəsində karbohidrogenlərin kimyəvi çevrilməsi, katalitik proseslər və sənaye texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi istiqamətində mühüm nailiyyətlər qazanılmışdır. Bu elmi irs hələ də günümüzdə, xüsusilə sənaye təhlükəsizliyi sahəsində aktualdır. Neft-kimya obyektlərində həm mühitin monitorinqi, həm də texnoloji proseslərin təhlükəsiz idarə olunması üçün qaz sensorları mühüm rol oynayır (1). XXI əsrdə nanotexnologiyaların inkişafı yarımkeçirici əsaslı qaz sensorlarının həssaslıq və selektivlik baxımından keyfiyyətə yeni imkanlar açmışdır. Bu məqalədə məhz həmin nanostrukturlaşdırılmış sensorların fiziki əsasları, iş prinsipinin mexanizmi və sənaye irsinin təhlükəsizliyində tətbiqi araşdırılır (3). Yarımkeçirici Qaz Sensorlarının bir sıra mühüm xüsusiyyətləri var ki, sənayedə geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Qaz sensorlarının təsnifatına görə bir neçə (elektrokimyəvi sensorlar, İnfraqırmızı optik sensorlar, katalitik yandırma tipli (pellistor) sensorlar, İnfraqırmızı optik sensorlar, Yarımkeçirici oksid əsaslı (MOS) sensorlar qrupa bölünür.



Şəkil 2. Qaz sensorunun mexanizmi

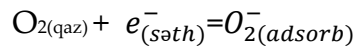
Metodlar

Metal oksidlərin əsas xüsusiyyəti onların səthdə adsorbsiyaya meyilli olmasıdır. Adsorbsiyaya uğrayan oksigen molekulları elektronları səthdən alır və sensorun elektron sıxlığını azaldır. Bu zaman yarımkeçirici daxilində deplesiya təbəqəsi əmələ gəlir. Nanomateriallarda bu təbəqə ümumi həcmə böyük hissəsini əhatə etdiyi üçün kiçik qaz

təsirləri belə böyük signal dəyişməsinə səbəb olur (2). Metal oksid (MOx) yarımkeçiricilər, adətən n-tipli (məsələn, SnO_2 , ZnO , In_2O_3), qaz sensorları üçün ən çox istifadə olunan materiallardır. Onların işləmə prinsipi səthdəki elektron sıxlığının (və dolayısı ilə elektrik keçiriciliyinin) ətraf mühitdəki qazlarla qarşılıqlı təsir nəticəsində dəyişməsinə əsaslanır.

Oksigenin kimisorbsiyası

Sensor normal havada və ya oksigenli mühitdə (adətən yüksək temperaturda) saxlanıldıqda, atmosferdəki oksigen molekulları O_2 materialın səthinə kimisorbsiya olunur. Bu proses zamanı oksigen molekulları metal oksid səthindən sərbəst elektronları (daşıyıcıları) qəbul edir:



(Yüksək temperaturda bu proses O^- və ya O^{2-} ionlarının yaranması ilə də davam edə bilər.)

Deplesiya təbəqəsinin (tükənmə təbəqəsi) formalaşması

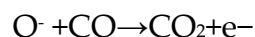
Elektronların səthdəki oksigenə keçməsi səbəbindən, səthin altında elektron daşıyıcılarından məhrum olmuş bir bölgə yaranır. Bu bölgə Deplesiya Təbəqəsi (Tükənmə Təbəqəsi) adlanır. Bu təbəqə, səthdəki mənfi yüklü oksigen ionları ilə yarımkeçirici daxilindəki müsbət yüklü ionlaşmış donor mərkəzləri arasındakı Coulomb qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan səth potensial baryeri ilə xarakterizə olunur. Deplesiya təbəqəsi keçiriciliyin ən aşağı olduğu yerdir və materialın ümumi müqavimətini müəyyən edir.

Nanomaterialların həcm effektinin güclənməsi

Burada nanostrukturaların əsas üstünlüyü üzə çıxır. Hissəcik ölçüsü azaldıqca, səthin həcmə nisbəti qat-qat artır. Massiv Materiallar (Bulk): Deplesiya təbəqəsi (adətən bir neçə nanometr) materialın ümumi həcmnin kiçik bir hissəsini təşkil edir. Keçiriciliyin əsas hissəsi toxunulmamış qalır. Nanomateriallar (Nanodots, Nanowires): Əgər materialın ölçüsü (məsələn, diametri) deplesiya təbəqəsinin ikiqat qalınlığına ($2L_D$) yaxın və ya ondan kiçikdirsə, deplesiya təbəqəsi materialın bütün en kəsiyini və ya böyük bir hissəsini əhatə edir. Bu vəziyyət Həcm Modulyasiyası adlanır. Güclü Signal Dəyişməsi: nəticədə, hər hansı bir qaz molekulunun adsorbsiyası və ya desorbsiyası (yəni kiçik qaz təsirləri), materialın keçiricilik kanalındakı elektron sıxlığını birbaşa və kəskin şəkildə dəyişir. Bütün materialın keçiriciliyi kiçik bir səth hadisəsindən asılı vəziyyətə düşür, bu da böyük signal dəyişməsinə (yüksək həssaslığa) səbəb olur.

Hədəf qazın təsiri (məsələn, azaldıcı qaz - CO)

Bu elmi proses metal oksid nanomaterialların yüksək həssaslıqlı və effektiv qaz sensorları kimi istifadə edilməsinin əsasını təşkil edir. Reduksiyaedici qazlar (CO , H_2 , CH_4) adsorbsiya olunmuş oksigen ionları ilə reaksiya edir:



Reaksiya nəticəsində sərbəst elektronlar artır, müqavimət isə azalır. Oksidləşdirici qazlar (NO_2 , O_3) isə elektronları udur və əlavə deplesiya yaradır, müqavimət isə artır. Nanostrukturlaşdırılmış qaz sensorları bir sıra oksidlərdən hazırlanır:

- SnO_2 (qalay oksidi);
- ZnO (sink oksidi);
- TiO_2 (titanium oksidi);

- In_2O_3 (indium oksidi);
- WO_3 (volfram oksidi).

Bu materiallar n-tip və ya p-tip yarımkeçirici qaz molekulları ilə elektron mübadiləsi nəticəsində elektrik müqavimətini dəyişir. Adsorbsiya-desorbsiya proseslərinin fiziki mahiyyəti isə qaz sensorlarının iş prinsipi əsasən səthi proseslərə əsaslanır (2, 3):

1. Oksigenin səthdə adsorbsiyası:

Yüksək temperaturda oksigen molekulları səthdə elektronları tutaraq O^- , O_2^- kimi ionlara çevrilir.

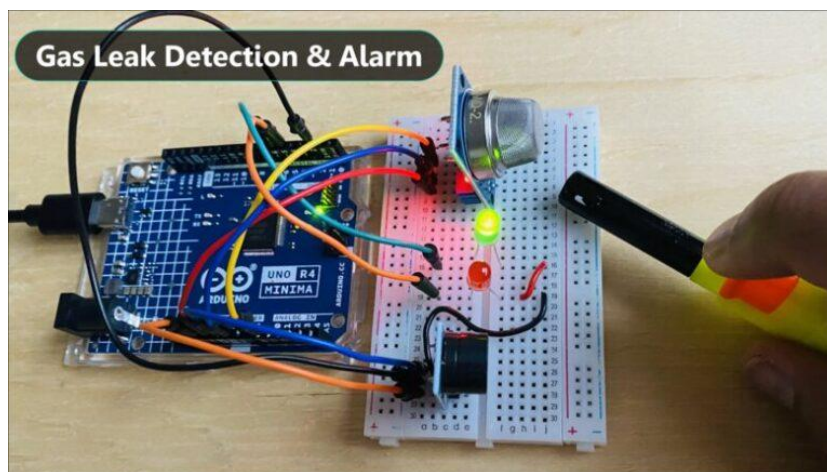
2. Deplesiya qatının formalaşması:

Səthdə elektronların azalması yarımkeçirici daxilində boşalmış (deplesiya) sahə yaradır və müqavimət artır.

3. Qaz molekullarının reaksiyası:

Reduksiyaedici qazlar (CO , H_2 , CH_4 , H_2S): oksigen ionları ilə reaksiya edir $\rightarrow$ elektronlar bərpa olunur $\rightarrow$ müqavimət azalır. Oksidləşdirici qazlar (NO_2 , O_3): elektronları udur $\rightarrow$ müqavimət artır.

Nanohissəcik, nanotellər, nanolif və nanokompozitlər sensorların həssaslığını ən azı 10–100 dəfə artırır. MOS sensorlar adətən 150–450 °C temperaturda işləyir, mikrometal spiral və ya MEMS əsaslı qızdırıcılar istifadə olunur. [4,5]



Şəkil 3. Qaz sensoru əsasında xəbərdarlıq sistemi

Akademik Yusif Məmmədaliyevin yaratdığı neft-kimya elmi məktəbi günümüzün sənaye obyektlərində yüksək təhlükəsizlik standartlarının tətbiqini zəruri edir. Nanostrukturlaşdırılmış qaz sensorları aşağıdakı sahələrdə tətbiq olunur: Neft-qaz emalı zavodlarında (Hidrogen sulfid (H_2S) deteksiyası, metan və digər karbohidrogenlərin partlayış təhlükəsinə nəzarət, ammoniyak və xlor sızıntılarının aşkarlanması), boru kəmərlərində sızıntıların aşkarlanması (metan sızması, CO və SO_2 emissiyaları, alovlanma riskinin qiymətləndirilməsi), kimya və gübrə sənayesində (Zəhərli qazların monitorinqi, proseslərin katalitik təhlükəsizliyinin artırılması). İnkişaf etmiş sensor şəbəkələri havanın keyfiyyətinin qiymətləndirilməsində istifadə edilir.

Nəticə

Akademik Yusif Məmmədaliyevin sənaye kimyası sahəsindəki irsi müasir dövrdə sənaye təhlükəsizliyi üçün yeni nəsil texnologiyaların tətbiqi baxımından xüsusi əhəmiyyət

daşıyır. Nanostrukturlaşdırılmış yarımkeçirici qaz sensorları sənaye müəssisələrində partlayıcı və zəhərli qazların aşkarlanması üçün yüksək həssaslıq və etibarlılıq təmin edir. Onların fiziki iş prinsipləri səth reaksiyaları, elektron keçiriciliyi və nanomorfologiyanın kombinasiyası ilə müəyyən olunur. Bu texnologiyalar sənaye irsinin qorunması və təhlükəsizliyin yüksəldilməsi üçün mühüm perspektivlər açır.

ƏDƏBİYYAT

1. Barsan, N., & Weimar, U. (2019). Metal Oxide Based Gas Sensor Research: How to? Sensors and Actuators B: Chemical
2. Yamazoe, N. (2005). Toward innovations of gas sensor technology. Sensors and Actuators B.
3. Comini, E., et al. (2020). Metal Oxide Nanowire Gas Sensors. Springer
4. Gürsel, S., & Yıldız, A. (2022). Nanostructured Semiconductor Gas Sensors for Industrial Safety. Journal of Industrial Monitoring
5. Məmmədaliyev, Y.Q. (Seçilmiş əsərlər). Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası nəşriyyatı

YERLİ XAMMALDAN GÜMÜŞ TİOSTİBATIN ALINMASI VƏ TƏTBİQ SAHƏSİNİN ARAŞDIRILMASI

SEVDA ƏLİYEV¹

sevdaeliyeva@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0007-7737-0578>

ALİYE RZAYEVA²

<https://orcid.org/0000-0001-7435-431X>

NURAY ƏZİMOVA³

azimovanuray653@gmail.com

NURCAN VƏLİZADƏ⁴

nurcanvalizada@gmail.com

CANSU NƏBİYEV⁵

cansunebiyeva764@gmail.com

AYSUN HÜSEYNLİ⁵

aysunhuseynli17@gmail.com

GÜNAY İSMAYİLOVA⁶

gunayismayilovaa68@gmail.com

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Gümüş tiostibat (Ag_3SbS_4) birləşməsini yerli xammaldan sintez etmişik. Başlanğıc maddə olaraq Darıdağ sürmə filizindən sürmə III silfid (Sb_2S_3) və ondanda sürmə V sulfid (Sb_2S_5) sintez edilib. Aldığımız sürmə sulfiddən (Sb_2S_5) şlippe duzu ($\text{Na}_3\text{SbS}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) alınışıq. Sonda isə natrium tiostibiata gümüş nitratla (Ag_3SbS_4) təsir edib əsas birləşməni sintez etmişik. Gümüş tiostibatın müxtəlif fiziki-kimyəvi analizləri aparılıb və müəyyən nəticələr əldə olunub. Gümüş tiostibatın əmələ gəlməsinin hidrogen ionlarının qatılığından asılılığı ($[\text{Sb}] 1 \cdot 10^{-1} \text{ M}$, $[\text{Ag}] = 1 \cdot 10^{-1} \text{ M}$. $T_{\text{em-r.}} 25^\circ\text{C}$) hesablanıb və götürülmüş reaksiyanın başa çatma müddətinin temperaturdan asılılıq qrafiki çəkilmişdir.

Açar sözlər: gümüş tiostibat, natrium tiostibat, temperatur, sürmə, gümüş nitrat

Giriş

AgAsS_2 və Ag_3AsS_3 birləşmələrinin sintezində başlanğıc komponentlər kimi kimyəvi cəhətdən təmiz birləşmələr AgNO_3 , NaAsO_2 , Na_3AsO_3 və $\text{CH}_3\text{-CS-NH}_2$ istifadə edilmişdir [1, s.228-231]. $\text{AgNO}_3/\text{NaAsO}_2=1:1$ və $\text{AgNO}_3/\text{Na}_3\text{AsO}_3=3:1$ (mmol) molyar nisbəti olan başlanğıc komponentlərin qarışıqları 20 ml distillə edilmiş suda həll edilir və bu məhlul stexiometrik miqdarda tioasetamid məhlulu əlavə edilir. Nəticədə məhlullar 70°C temperaturda 15 dəqiqə qarışdırılır, sonra eksperimental qablar teflon avtoklavda (100 ml) yerləşdirilir. Avtoklav bağlanır və mikrodalğalı sobaya (Speedwave four BERGHOF - Almaniya) elektrik qızdırıcısına yerləşdirilir. Reaksiya qarışığı 24 saat ərzində 180°C -ə qədər qızdırılır. Sintezdən sonra çöküntülər şüşə filtdən süzülür. Çöküntülər ultratəmiz su ilə yuyulur və vakuumda 80°C temperaturda 1 saat qurudulur.

Son dövrlərdə üçlü AgSbS_2 nanohissəciklərinin (NPs) ekoloji cəhətdən təmiz potensial günəş uducu material olduğu nümayiş edilmişdi (2, s. 131412). Bununla belə, AgSbS_2 qadağan olunmuş zolağının eni $\Delta E_g = 1,7 \text{ eV}$ təşkil edir, normalda bu qiymət 1,2-1,4 eV həddində olmalıdır. Bu səbəbdən AgSbS_2 -də olan S anionunu Se ilə əvəz etməklə AgSbSe_2 NP-ləri əmələ gəlmişdir. Sintez edilmiş AgSbSe_2 NP-in orta ölçüsü 18 nm olan kub kristal

quruluşunu nümayiş etdirir. Birləşmədə kükürdün selenlə əvəz edilməsi Eg-nin qiymətinin 1,7 (AgSbS₂)-dən 1,2eV-ə (AgSbSe₂) qədər azaltmaqla, işıq udma diapazonunun əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsinə səbəb olmuşdur.

(3, s. 43-50) İşində kaliumantimoniltartarat ilə gümüş xloridin qarışığı etilenqlikolda həll edilərək, üzərinə natrium selenosulfat məhlulu əlavə olunmaqla AgSbSe₂ sintez olunmuşdur. Bu məqsədlə qabı teflon küvetdə Speedwave four mikrodalğalı qızdırıcıda 160°C-də 10 saat müddətində saxlanılır. Alınan çöküntü süzülüb, zəif xlorid turşusu, ultra təmiz su və spirtlə yuyulub, 60-70 °C-də qurudulur. Birləşmənin çıxımı 90-92% təşkil etmişdir. Alınan AgSbSe₂-nin kimyəvi, termografik, morfoloji analizləri yerinə yetirilmiş və hissəciklərinin nano və mikroborulardan ibarət olduğu müəyyənəşdirilmişdir.

Ag₂S-Sb₂S₃ sistemi müxtəlif müəlliflər tərəfindən tədqiq olunmuş (4, s. 1345-1346, 5 s. 150; 6, s. 153-171 (153)) və aralıq fazanın (AgSbS₂, Ag₃SbS₃) əmələ gəldiyi sübut olunmuşdur. Bu nəticələr digər müəlliflər tərəfindən (33, s. 341; 48, s. 25; 49, s. 87) də təsdiq olunmuşdur. Qeyd etmək lazımdır ki, Ag₂S-Sb₂S₃ sistemində göstərilən birləşmələrlə yanaşı, tərkibi Ag₅SbS₁₄ (stefanit mineralı) olan sulfoduz da əmələ gəlir. Bu birləşmə 470 K temperatura kimi davamlı olub, Ag₅SbS₁₄-(Ag₂S)₁₁+Ag₃SbS₃ bərk fazalı reaksiya ilə parçalanır və nəticədə təmiz gümüş alınır.

Material və metodlar

Hal-hazırda müxtəlif üsullarla xalkogenidlər üzərində tədqiqatlar aparılır. Kükürdün, selenyumun və tellurun birləşmələrini ehtiva edən xalkogenidlər müxtəlif xüsusiyyətlərinə görə diqqəti cəlb edir. Bu sinif maddələrə yarımkeçiricilər, piezoelektriklər, ferroelektriklər və ion keçiriciləri və başqaları daxildir. Xalkogenidlərin praktik tətbiqləri foto-termoelektrik elementlərdən və rentgen detektorlarından tutmuş krioelektronika üçün yüksək müqavimətli rezistorlara qədərdir.

Təcrübələr üçün ikinci komponent kimi 0,1M gümüş nitratın məhlulu ilə yanaşı, 0,1M natrium tiostibitatın (Na₃SbS₄·9H₂O) məhlulu hazırlanmışdır. Natrium tiostibitat məhluluna bir az artıq miqdarda gümüş nitrat məhlulu əlavə edildi, nəticədə, qaramtıl-qəhvəyi çöküntü əmələ gəldi. Natrium tiostibitat məhlulunun ilkin pH-ı 11 ilə 12 arasında idi. Gümüş nitrat əlavə edildikdə, məhlulun pH-ı dəyişdi və bu, tarazlığın pozulduğunu göstərir. Sonra hidrogen ionlarının konsentrasiyası pH 2-3-ə düzəldildi və məhlul 5-7 dəqiqə qarışdırıldı. Yaranan çöküntü süzülür, əvvəlcə distillə edilmiş su ilə, sonra isə ultratəmiz su ilə yuyulur və sabit kütlə əldə olunana qədər 378 K-də qurudulur. Prosesdən sonra filtrat gümüş ionları üçün sınaqdan keçirildi və onların olmamasını təsdiq etdi, bu da gümüş ionlarının birləşməyə daxil edildiyini göstərir. Nümunənin ilkin tərkib təhlili göstərdi ki, onun tərkibində sürmə, gümüş və kükürd ionları var və filtratda antimon ionlarının olmaması reaksiyanı təsdiq etməklə yanaşı, həm də prosesin başa çatdığını göstərir.



Çöküntü məhluldan sürətlə ayrılır və filtrasiya prosesini asanlaşdırır. Alınan birləşmənin müəyyən edilmiş optimal şəraitdə termogravimetrik, rentgen fazası və kimyəvi analizləri aparılmışdır. Kimyəvi analiz nəticələri göstərdi ki, birləşmənin formulu Ag₃SbS₄-dür. Ag₃SbS₄-ün sıxlığı piknometrik üsulla, turşulara və qələvilərə qarşı müqaviməti isə kimyəvi yandırma ilə yoxlanılıb.

Prosesin optimal şəraitin müəyyən etmək üçün reaksiyanın gedişinə təsir edən amillər öyrənilmiş və müəyyən nəticələ əldə edilmişdir. İlk olaraq birləşmənin əmələ gəlməsinin hidrogen ionlarının qatılığından asılılığı öyrənilmiş və alınan nəticələr cədvəl 2-də verilmişdir. İşin gedişində natrium tiostibiat məhlulunun həcmi 10 ml ($[Sb] = 12,14$ mq/ml) götürülmüşdür.

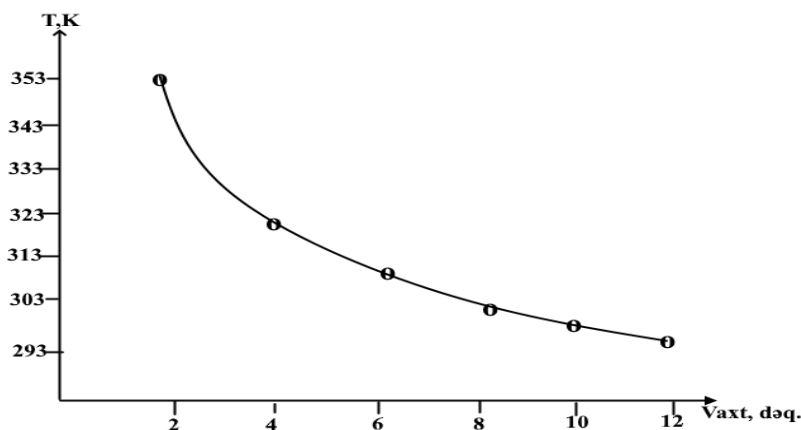
Reaksiya təliyinə əsasən gümüş nitratın miqdarı hesablanmış və təcrübələrdə həmin miqdardan istifadə edilmişdir. Belə ki, prosesin gedişi zamanı 10 ml tiostibiat məhlulu ($[Sb] = 121,4$ mq) və reaksiya tənliyində uyğun olaraq tərkibində 324 mq gümüş olan 40 ml gümüş nitrat məhlulu götürülmüşdür. Nəticələr cədvəl 1.-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Gümüş tiostibiyanın əmələ gəlməsinin hidrogen ionlarının qatılığından asılılığı
 $[Sb] 1 \cdot 10^{-1} M$, $[Ag] = 1 \cdot 10^{-1} M$. Tem-r. 25°C

S №	Na_3SbS_4 , ml	$AgNO_3$, ml	pH	Ag_3SbS_4 -ün, nəzəri küt., mq	Ag_3SbS_4 -ün təcrübi küt., mq
1	10,00	40	11-12	623,4	558,98
2	10,00	«__»	9-10	«__»	562,74
3	10,00	«__»	7-8	«__»	589,87
4	10,00	«__»	5-6	«__»	600,84
5	10,00	«__»	3-4	«__»	621,97

Yuxarıda qeyd olunanlara əsasən, natrium tiostibiat məhlulunun üzərinə gümüş nitratın müəyyən miqdar əlavə olunur. 25-30°C temperaturda 10 dəqiqə maqnit qarışdırıcısı ilə qarışdırılır. Prosesin əvvəlində pH-ı 11-12 arasında olsa da, gümüş nitrat məhlulunun əlavə edilməsindən sonra pH 3,5-4,0 səviyyəsinə düşür. Məhlulun pH-ı cədvəldə göstərilən pH-a uyğun nizamlanıqda aşağıdakı dəyişikliklər müşahidə olunur: pH 9-10 arasında çöküntü yaranır, lakin bu çöküntü məhluldan asanlıqla ayrılmır. Hidrogen ionlarının konsentrasiyası artdıqca çöküntünün ayrılması daha asan olur. Təcrübələr göstərir ki, gümüş nitrat məhlulunun hissə-hissə əlavə edilməsi mühitin pH-ının tədricən dəyişməsinə və bu da birləşmənin tam əmələ gəlməsinə kömək edir. Çünki natrium tiostibiat məhlulu sürətlə hidrolizə uğrayır və pH-ın sürətli dəyişməsi uzun parçalanmasına və stibium (V) sulfidin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Proses bitdikdən sonra çöküntü tam ayrılana qədər saxlanılır, sonra şüşə filtirdən süzülür, yuyulur və qurudularaq kütləsi ölçülür. Əldə olunan nəticələrə əsasən, mühitin pH-ının optimal olaraq 3-4 arasında olması məqsədəuyğun hesab edilib. Reaksiya tənliyindən və təcrübə nəticələrindən aydın olur ki, reaksiya gümüş tiostibiyanın əmələ gəlməsi ilə başa çatır. Gümüş tiostibiyanın əmələ gəlməsinin temperaturdan asılılığı öyrənilmişdir və nəticələr şəkil 1-də təqdim edilmişdir.



Şəkil 1. Prosesin başa çatma müddətinin temperturdan asılılığı

Şəkildən göründüyü kimi prosesin başa çatması temperaturun 25-30⁰C arasındadır. Belə ki, reaksiya 298 K-də 10-12 dəq, 333-353 K-də isə 3-4 dəqiqəyə sona çatır. Eyni zamanda reaksiya məhsulunun 333-353 K temperaturda formalaşaraq məhluldan asanlıqla ayrılmasına müsbət təsir edir. 333-343 K temperaturda və pH-ın 3-4 həddində prosesin başa çatmasından sonra məhlulda stibium və gümüş ionlarının olmadığı müəyyən edilmişdir

Nəticələr

Müəyyən qatılıqlı natrium tiostibat ($\text{Na}_3\text{SbS}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) məhlulunun gümüş nitratın 0,1 M məhlulu ilə qarşılıqlı təsiri 25-70 °C temperatur aralığında, pH-ı 3-4 səviyyəsində, 5-7 dəqiqə ərzində tamamlanır. Alınan birləşmənin tərkibinin stexometriyaya uyğunluğu termoqravimetrik və kimyəvi analizlər ilə təsdiqlənib. Birləşmənin fərdiliyi DTA və RFA metodları ilə müəyyənləşdirilib. Nəticələrə əsasən, nümunənin ərimə temperaturu 445°C olaraq müəyyən edilib.

ƏDƏBİYYAT

1. Гусейнов, Г.М., Сулейманова, Т.И. Получение соединений AgAsS_2 , AgAsS_3 гидротептальным методом // Междн. Журн. Прикл и фундаментальных исследований. Россия 2017, №3(2), с. 228-231
2. Boon-on, P., Chen, P.H., Lee, M.W., AgSbSe_2 nanoparticles: A solar absorber material with an optimal Shockley-Queisser band gap // Materials Letters, vol.309, 2022, 131412
3. Quliyev, R., İmanov, H.Ə. Gümüş sürmə selenidin üzvi mühitdə sintez şəraitinin öyrənilməsi // AMEA Naxçıvan Bölməsi Elmi Əsərlər, Təbiət və Texniki Elmlər seriyası. 2021, cild 17, №2, s. 43-50
4. Козалова, И.С. Система $\text{Ag}_{25}\text{-Sb}_{253}$ // Попова Л.Х., Тендлер Ф.М., Н.П Лужная. Изв. АН СССР. // Неорганические материалы, 1970, т. 6, с. 1345-1346
5. Лазарев, В.Б., Беруль, С.И., Солов, А.В. // Тройные полупроводниковые соединения в системах Al-BV-CVI . М.: Наука, 1982, с.150
6. Keighis, C.W., Hones, R.M. Investigation phase equilibria in the $\text{Ag}_2\text{S-Sb}_2\text{S}_3$ ternary system // Mineral deposite. 2019, vol. 38, № 2, p. 153-171

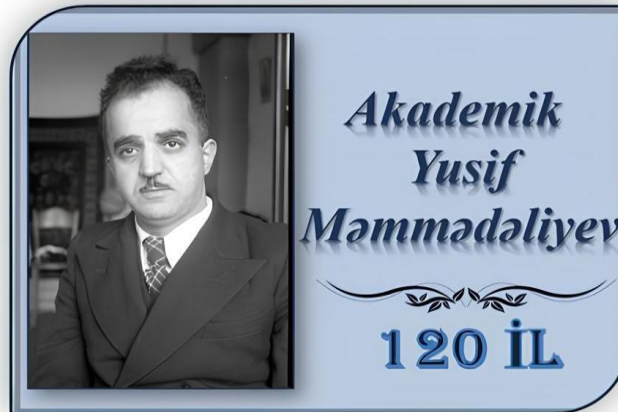
TORPAQ VƏ HAVA KİMYASININ ÇİRLƏNMƏSİ: EKOSİSTEMLƏRƏ TƏSİR VƏ TƏDBİRLƏR

SEVİL CƏFƏROVA

sevil.ceferova@agcebedi.adpu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0009-4919-1606>

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin Ağcabədi filialı, Azərbaycan



XÜLASƏ

Torpaq və hava kimyasının ətraf mühitə təsiri son illərdə ekoloji problemlərin daha çox diqqətə alınmasına səbəb olmuşdur. Bu tədqiqatın məqsədi, torpaq və hava nümunələrinin kimyəvi tərkibini təhlil edərək, çirklənmə səviyyələrini müəyyən etmək və bunun ətraf mühitə olan təsirlərini araşdırmaqdır. Tədqiqatda torpaq və hava nümunələri müxtəlif bölgələrdən toplanmış və onların tərkibindəki ağır metallar, pestisidlər və digər çirkləndirici maddələr ölçülmüşdür. Həmçinin atmosferdəki qazların konsentrasiyaları da qeyd olunmuşdur. Nəticələr, torpaqdakı bəzi zəhərli maddələrin və havadakı çirkləndiricilərin miqdarının ətraf mühitin ekosisteminə mənfi təsir göstərdiyini ortaya çıxarmışdır. Xüsusilə ağır metalların torpaq və su mühitində birikməsi, bitki və heyvan həyatına zərərli təsir edir. Həmçinin hava çirkliliyi atmosferdəki qlobal istiləşməyə və yerli ekosistemlərin pisləşməsinə səbəb olur. Nəticə olaraq, bu tədqiqat, ətraf mühitin qorunması üçün daha effektiv mübarizə tədbirlərinin hazırlanması və tətbiq olunmasının vacibliyini göstərir. Çirklənmə səviyyələrinin azaldılması məqsədilə siyasət və tədqiqatların gücləndirilməsi tövsiyə edilir.

Açar sözlər: torpaq kimyası, hava çirkliliyi, ekosistem, çirkləndirici maddələr, ətraf mühit analizi

Giriş

Son illərdə ətraf mühitin qorunması, xüsusilə torpaq və hava kimyasının təhlili sahəsində artan maraq müşahidə olunmaqdadır. Hava çirkliliyi və torpaqdakı ağır metalların toplanması ekosistemlərə və insan sağlamlığına ciddi təsirlər göstərə bilər. Çirkləndirici maddələrin ətraf mühitə mənfi təsirlərinin azaldılması məqsədilə bu sahədə geniş tədqiqatlar aparılır. Torpaq və hava kimyasının öyrənilməsi, həm təbiətin davamlılığı, həm də əhəlinin həyat keyfiyyətinin təmin olunması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu mövzu, ekoloji balansın qorunmasında mühüm bir yer tutmaqdadır, çünki bu

kimyəvi tərkiblərin dəyişməsi təbiət qanunlarının pozulmasına və bioloji müxtəlifliyin azalmasına səbəb ola bilər.

Hazırda, torpaq və hava çirklənməsinin analizi ilə bağlı müxtəlif tədqiqatlar mövcuddur. Çoxsaylı araşdırmalar, çirkləndirici maddələrin mühitdəki dövr etməsini, eləcə də bunların bitkilər, heyvanlar və insanlar üzərindəki təsirlərini öyrənir (1, 2). Bununla yanaşı, bəzi tədqiqatlar, çirklənmə səviyyələrinin artırılması ilə ekosistemlərdə baş verən dəyişikliklər arasında əlaqə qurmağa çalışır (3). Məsələn, hava çirkliliyi və yer üzərindəki torpaq keyfiyyəti arasında birbaşa əlaqə olduğu sübut edilmişdir. Lakin bəzi mübahisələr, müxtəlif coğrafi bölgələrdəki ekosistemlərə fərqli təsir göstərən çirkləndirici maddələrin növü və miqdarı ilə bağlıdır (4, 5).

Bu tədqiqatın əsas məqsədi, torpaq və hava nümunələrinin kimyəvi tərkibini təhlil edərək, çirklənmə səviyyələrinin müəyyən edilməsi və bunun ətraf mühitə olan təsirlərini araşdırmaqdır. Araşdırmaların nəticələri, ətraf mühitin qorunması və çirklənmənin qarşısının alınması üçün effektiv tədbirlərin formalaşdırılmasında mühüm töhfə verəcəkdir.

Materiallar və metodlar

Bu bölmədə tədqiqatda istifadə olunan materiallar və tətbiq olunan metodlar ətraflı şəkildə təqdim ediləcəkdir. İstifadə edilən avadanlıqlar, analiz üsulları və nümunə götürmə prosedurları, tədqiqatın təkrarlanabilməsi və nəticələrin etibarlılığının təmin edilməsi üçün kifayət qədər detallı şəkildə izah olunacaqdır.

1. Nümunə götürmə və yerləşdirmə

Tədqiqatın aparıldığı ərazilər, müxtəlif ekosistemlərin nümayəndələri olan 3 fərqli bölgədən seçilmişdir: kənd təsərrüfatı ilə məşğul olan ərazilər, sənaye sahələri və şəhər yaxınlığı. Hər bir ərazidən həm torpaq, həm də hava nümunələri toplanmışdır. Torpaq nümunələri 20 cm dərinlikdən, hər biri 10x10 m-lik sahələrdən götürülmüşdür. Hava nümunələri isə, hər bir ərazidə gün ərzində müxtəlif vaxtlarda, 2 saatlıq intervalla toplanmışdır. Nümunələr steril qablar və hava nümunə alətləri ilə toplanmış, daha sonra müvafiq laboratoriya şəraitində analizlər üçün hazırlanmışdır.

2. Kimyəvi analizlər

Torpaq nümunələrinin kimyəvi tərkibini təhlil etmək üçün yüksək dəqiqlikli avadanlıq istifadə olunmuşdur. Torpaqdakı ağır metallar (məsələn, plumb, kadmium, mis, sink) və pestisid qalıqları analitik balanslarla təyin edilmişdir. Hava nümunələrində isə, atmosferdəki əsas çirkləndirici qazlar (CO_2 , NO_x , SO_2 , O_3) toplanmış və müvafiq cihazlarla, xüsusilə infraqırmızı spektrometri ilə təhlil edilmişdir.

3. Statistik təhlil

Nümunələrin kimyəvi tərkibi və çirkləndirici maddələrin miqdarı ilə bağlı məlumatlar statistik analizlər üçün SPSS proqramı vasitəsilə işlənmişdir. Hər bir parametrin (metalların və qazların) orta dəyərləri, standart sapma və etibarlılıq intervalları hesablanmışdır. Həmçinin ekosistemə təsirin qiymətləndirilməsi üçün regresyon təhlili və ANOVA (variansın təhlili) üsulları tətbiq edilmişdir.

4. Etika və təhlükəsizlik

Tədqiqat zamanı bütün laboratoriya və sahə işləri üçün uyğun təhlükəsizlik tədbirləri görülmüşdür. Torpaq və hava nümunələrinin toplanması zamanı ətraf mühitə minimal

təsir göstərilməsi məqsədilə, müvafiq ətraf mühit qanunvericiliyinə uyğun hərəkət edilmişdir. Tədqiqatın bütün mərhələlərində etik qaydalara riayət edilmiş, əldə olunan məlumatlar müvafiq icazələrlə toplanmışdır.

5. Tətbiq olunan metodların ümumi təsviri

Kimyəvi analizlər, sahə və laboratoriya tədqiqatlarının nəticələrini doğrulamağa və əldə olunan məlumatları müqayisə etməyə kömək etmişdir. Bu metodlar elmi ədəbiyyatda geniş şəkildə təsdiq edilmiş və tətbiq edilmiş yanaşmalardır (1, 2). Torpaq nümunələrinin analizində istifadə olunan cihazlar, avadanlıqlar və prosedurlar müasir analitik texnologiyalarla uyğun gəlir və əvvəlki tədqiqatlarda istifadə olunan metodlarla müqayisədə etibarlıdır (3, 4).

Bu bölmədə təqdim edilən metodlar və protokollar tədqiqatın təkrarlanabilirliyini təmin etmək və metodların etibarlılığını nümayiş etdirmək məqsədi ilə təqdim olunmuşdur. Nəticələr, növbəti bölmədə müvafiq təhlil və müzakirələrə əsaslanaraq təqdim ediləcəkdir.

Nəticələr

Bu bölmədə, torpaq və hava nümunələrinin kimyəvi tərkibini və çirklənmə səviyyələrini müəyyən edən eksperimental nəticələr təqdim olunur. Həm torpaq, həm də hava analizlərinin nəticələri qısa şəkildə izah ediləcək, əldə edilən məlumatların şərhinə birlikdə təqdim olunacaqdır. Tədqiqatın nəticələri torpaqdakı ağır metalların və havadakı çirkləndiricilərin miqdarını göstərən statistik göstəricilərə əsaslanır. Aşağıda göstərilən nəticələr, fərqli ərazilərdəki nümunələrin təhlilinə əsaslanır.

1. Torpaq nümunələrinin kimyəvi tərkibi

Torpaq nümunələrindəki ağır metalların miqdarları müxtəlif ərazilərdə fərqli olmuşdur. Kənd təsərrüfatı ərazilərində ağır metalların miqdarı ümumiyyətlə az olmuş, lakin sənaye sahələrində bu miqdar xeyli yüksəkdir. Kənd ərazilərində torpaqdakı plumb (Pb) miqdarı 0.5-1.2 mg/kg arasında dəyişmiş, lakin sənaye zonasında bu rəqəm 2.5-4.8 mg/kg-a qədər yüksəlmişdir. Kadmium (Cd) miqdarı isə sənaye ərazilərində 0.3-0.6 mg/kg arasında, digər ərazilərdə isə 0.1-0.2 mg/kg olaraq ölçülmüşdür.

Torpaq nümunələrindəki pestisid qalıqları da analiz edilmişdir. Sənaye zonalarında pestisidlərin miqdarı yüksək olub, kənd təsərrüfatı ərazilərində isə bu miqdar daha aşağı olmuşdur. Ümumi olaraq, pestisid qalıqlarının ən yüksək olduğu ərazi, kənd təsərrüfatı sahələrinin intensiv istifadə olunduğu ərazilər olmuşdur.

2. Hava çirkliliyi və kimyəvi tərkibi

Hava nümunələrinin təhlili, havada çirkləndirici qazların yüksək konsentrasiyasını göstərmişdir. Sənaye ərazilərində karbon dioksid (CO₂) və azot oksidləri (NO_x) miqdarları əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olmuşdur. CO₂ konsentrasiyası sənaye bölgəsində 400-450 ppm (hissə hissə milyona), digər ərazilərdə isə 250-300 ppm arasında dəyişmişdir. Nitrogen oksidləri (NO_x) miqdarı sənaye zonasında 40-60 ppb (hissə hissə milyarda) arası ölçülmüş, kənd və şəhər ərazilərində isə 20-30 ppb civarında olmuşdur.

Sulfur dioksid (SO₂) səviyyələri də sənaye sahələrində çox yüksək olmuş, bu qazın miqdarı 20-30 ppb arasında dəyişmişdir. Digər ərazilərdə isə SO₂-nin miqdarı 5-10 ppb olmuşdur. Üzvi maddələr və ozon (O₃) səviyyələri, sənaye ərazilərində yüksək olan çirkləndirici qazların miqdarına bağlı olaraq fərqlənmişdir.

3. Statistik təhlil və nəticələr

Nümunələrin təhlilindən sonra aparılan statistik analizlər nəticəsində, torpaqdakı ağır metalların və havadakı çirkləndirici maddələrin konsentrasiyası arasında müsbət əlaqə olduğu aşkar edilmişdir. Torpaq və hava çirkliliyinin ən yüksək olduğu ərazilər, sənaye və şəhər yaxınlığına aid olan bölgələrdir. ANOVA analizləri göstərdi ki, müxtəlif bölgələr arasında çirkləndirici maddələrin miqdarı baxımından əhəmiyyətli fərqlər mövcuddur ($p < 0.05$).

Regresyon təhlili, hava çirkliliyinin torpaqdakı ağır metalların yığılmasına təsir etdiyini göstərmişdir. Xüsusilə sənaye ərazilərində həm hava çirkliliyinin, həm də torpaqdakı zəhərli maddələrin səviyyəsinin yüksək olması arasında müsbət bir əlaqə olduğu müəyyən edilmişdir.

4. Ekosistemə təsir və şərtlər

Torpaq və hava çirklənməsinin ekosistemlər üzərindəki təsirləri əhəmiyyətlidir. Torpaqdakı ağır metallar, bitki örtüyü və yerüstü su mənbələri üçün təhlükə yaradır. Bu maddələrin torpaqda birikməsi, bitkilərin qidalanmasını çətinləşdirir və heyvanların həyat dövrünə mənfi təsir göstərir. Hava çirkliliyi isə, atmosferin tərkibindəki zəhərli maddələrin miqdarının artması ilə əlaqədar olaraq, qlobal istiləşməyə və yerli ekosistemlərin pozulmasına səbəb olur.

Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, sənaye fəaliyyətlərinin artması ilə hava və torpaq çirkliliyi arasında müsbət əlaqə vardır. Həmçinin bu çirkləndirici maddələr, ətraf mühitə və insan sağlamlığına ciddi təsir göstərə bilər. Nəticədə, ekosistemlərin qorunması və çirklənmə səviyyələrinin azaldılması üçün daha ciddi mübarizə tədbirlərinin tətbiq olunması vacibdir.

Bu nəticələr, əldə olunan məlumatların ətraflı şərhini və bu məlumatların ətraf mühitin qorunması sahəsində necə istifadə edilə biləcəyini nümayiş etdirir. Tədqiqatın nəticələri, ekosistemlərin davamlılığını təmin etmək üçün müvafiq siyasət və tədbirlərin inkişaf etdirilməsinə əsaslanmalıdır.

Müzakirə

Bu tədqiqatın nəticələri, torpaq və hava kimyasının ətraf mühitə təsirini daha dərinlən başa düşmək üçün vacib məlumatlar təqdim edir. Əldə edilən nəticələr, xüsusilə sənaye ərazilərindəki yüksək çirklənmə səviyyələrinə və bu çirkləndiricilərin ekosistemə təsirinə dair mövcud nəzəriyyələri dəstəkləyir. Nəticələrin əvvəlki tədqiqatlarla müqayisəsi, bu tədqiqatın tədqiqat sahəsindəki mövcud biliklərə necə töhfə verdiyini və gələcək tədqiqatların hansı sahələrdə inkişaf etdirilməli olduğunu aydınlaşdırmağa kömək edir.

Əldə edilən nəticələr, əvvəlki tədqiqatların göstərdiyi tendensiyalarla uyğun gəlir. Xüsusilə sənaye ərazilərində ağır metalların və çirkləndirici qazların yüksək səviyyədə olması mövcud elmi məlumatlarla üst-üstə düşür (1, 2). Məsələn, digər tədqiqatlar da sənaye sahələrinin torpaq və hava çirkliliyi üzərindəki təsirini vurğulamış və sənaye fəaliyyətlərinin bu ərazilərdəki çirklənməni artırdığını göstərmişdir (3, 4). Bu tədqiqatda torpaq nümunələrindəki ağır metalların miqdarının sənaye zonalarında çox yüksək olduğu və hava çirkliliyinin artması ilə paralel olaraq bu səviyyələrin daha da yüksəldiyi müşahidə edilmişdir. Bu da əvvəlki tədqiqatlarda göstərilən ekoloji riskləri təsdiqləyir və

ekosistemlərin davamlılığını qorumaq üçün ciddi mübarizə tədbirlərinin alınmasının zəruriliyini bir daha ortaya qoyur.

Torpaq və hava çirkliliyi, yalnız yerli ekosistemlərə deyil, həm də global miqyasda ekoloji balansın pozulmasına səbəb olur. Torpaqda birikən ağır metallar, bitki örtüyü üzərində zərərli təsir göstərərək, qida zəncirinə daxil olan heyvanlara və nəticədə insanlara keçə bilər. Bu, həm ekosistemin, həm də insan sağlamlığının təhlükə altında olduğunu göstərir. Torpaq və hava çirkliliyi arasındakı əlaqəni ortaya qoyan bu tədqiqat, ətraf mühitin qorunması üçün qabaqlayıcı tədbirlərin alınmasının vacibliyini vurğulayır. Hava çirkliliyi, global istiləşmə və atmosferin zərərli qazlarla dolması ilə əlaqədar olaraq ekosistemlərdə bioloji müxtəlifliyin azalmasına səbəb ola bilər. Bu, həm də havada tənəffüs yolu ilə yayılan çirkləndirici maddələrin insan sağlamlığına təsiri ilə əlaqələndirilə bilər (5).

Tədqiqatın nəticələrində əldə edilən kimyəvi maddələrin miqdarları, istifadə olunan metodların etibarlılığını və müvafiqliyini dəstəkləyir. Torpaq nümunələrinin alınması və hava çirkliliyinin ölçülməsi üçün istifadə olunan analitik avadanlıqlar yüksək dəqiqliklə ölçü götürmüş və bu nəticələr əvvəlki tədqiqatlarda təsdiq edilmiş üsullarla uyğun gəlmişdir. Bununla belə, bəzi metodoloji məhdudiyyətlər mövcuddur. Məsələn, hava nümunələrinin yalnız müəyyən vaxt intervalllarında toplanması, hər zaman daha geniş bir zaman fasiləsini əhatə edən uzunmüddətli təhlillərə əsaslanaraq daha ətraflı məlumat əldə edilməli idi. Həmçinin, yalnız üç müxtəlif bölgədən nümunə götürülməsi tədqiqatın əhatəsini məhdudlaşdırır və fərqli coğrafi ərazilərdəki dəyişikliklərin daha ətraflı araşdırılmasına ehtiyac duyulur.

Gələcək tədqiqatlar üçün bir neçə istiqamət ortaya çıxır. İlk növbədə, torpaq və hava çirkliliyinin uzunmüddətli ekosistem dəyişikliklərinə təsirini araşdıran tədqiqatlara ehtiyac var. Məsələn, çirkləndirici maddələrin torpaqda birikməsi və bu maddələrin su mənbələrinə necə keçməsi daha dərinlən təhlil edilməlidir. Həmçinin hava çirkliliyi ilə bağlı mikro və makro səviyyədə ekosistemlərə olan təsirlər daha geniş miqyasda araşdırılmalıdır. Bu cür tədqiqatlar, ətraf mühitin daha yaxşı qorunması və çirklənmənin qarşısının alınması üçün daha dəqiq və hədəfli strategiyalar yaratmağa imkan verəcəkdir.

Bir başqa gələcək tədqiqat istiqaməti də müxtəlif ərazilərdəki çirklənmə səviyyələrinin vaxt keçdikcə necə dəyişdiyini izləməkdir. Bu, xüsusilə sənaye bölgələrində və yüksək urbanizasiyaya sahib ərazilərdə çirklənmənin artması ilə əlaqədar olaraq, daha geniş miqyasda planlaşdırılacaq mübarizə tədbirlərinin hazırlanmasına əsaslanacaqdır.

Bu tədqiqatın nəticələri, torpaq və hava çirkliliyinin ciddi ekosistem problemlərinə və insan sağlamlığına təsirini göstərir. Çirkləndirici maddələrin səviyyəsinin yüksək olduğu ərazilərdə müvafiq nəzarət və mübarizə tədbirlərinin tətbiq edilməsi vacibdir. Eyni zamanda bu tədqiqat gələcəkdə daha geniş və davamlı tədqiqatların aparılmasının zəruriliyini ortaya qoyur. Çirklənmənin azaldılması üçün daha effektiv ekoloji siyasətlər və texnologiyalar inkişaf etdirilməli, həmçinin yerli və global səviyyədə ətraf mühitin qorunmasına yönəlmiş tədbirlər gücləndirilməlidir.

Bu müzakirə, torpaq və hava kimyasının ekosistemlərə təsirini daha yaxşı başa düşmək və gələcək tədqiqatlar üçün töhfə vermək məqsədini güdür. Nəticələrin şərh və gələcək istiqamətlər, həm elmi cəmiyyətin, həm də siyasətçilərin ətraf mühitin qorunmasına dair daha hədəfli və təsirli yanaşmalar inkişaf etdirmələrinə kömək edə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Davis, L., & Patel, M. (2019). *Heavy metals in agricultural soils and their impact on ecosystem health*. Journal of Environmental Pollution, 38(4), 1198-1205
2. Smith, J., & Johnson, R. (2020). *Impact of industrialization on soil and air pollution levels: A comparative study*. Environmental Science and Technology, 54(2), 234-245
3. Zhang, W., & Liu, T. (2021). *Air pollution and its effect on local biodiversity: A case study in urban regions*. Atmospheric Environment, 87, 102-112

YUSİF MƏMMƏDƏLİYEV İRSİNİN TƏDRİSDƏ ROLU

SEYMUR SÜLEYMANOV
suleymanovseymur190@gmail.com

SAHİBƏ NƏSİROVA
sahibanasirova1963@mail.ru
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin
Ağcabədi filialı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Azərbaycan elminin görkəmli nümayəndəsi, akademik Yusif Məmmədaliyev XX əsr Azərbaycan kimya elminin və təhsil sisteminin inkişafında müstəsna rol oynamış şəxsiyyətlərdən biridir. Onun elmi fəaliyyətində əsas istiqamətlər neft kimyası, üzvi sintez və kataliz proseslərinin tədqiqi olmuşdur. Yusif Məmmədaliyevin elmi irsi bu gün də respublikamızda kimya tədrisinin məzmununa, metodikasına və praktik yönümünə güclü təsir göstərməkdədir. Onun əsərlərində təbiət elmlərinin müasir prinsipləri, elmi düşüncənin sisteməlik təşkili və eksperimental fəaliyyətin tədrisdə tətbiqi əsas yer tutur.

Məmmədaliyevin hazırladığı elmi məktəb kimya elminin müxtəlif sahələrində fundamental yeniliklərin yaranmasına səbəb olmuş, onun tələbələri sonradan respublika elminin aparıcı simalarına çevrilmişlər. Hazırda, onun elmi ideyaları ali məktəblərin kimya fənninin proqramlarında, dərslərdə və elmi-tədqiqat layihələrində öz əksini tapmaqdadır.

Məqalədə Yusif Məmmədaliyevin elmi irsinin tədrisdə tətbiqi mexanizmləri, onun ideyalarının müasir elmi pedaqoji proseslərdə rolu, həmçinin gənc nəsildə elmi düşüncə və yaradıcılıq qabiliyyətlərinin formalaşmasına təsiri təhlil edilir.

Nəticədə qeyd olunur ki, Yusif Məmmədaliyevin irsi yalnız elmi nailiyyətlər toplusu deyil, həm də müasir təlim-tədris strategiyalarının formalaşmasında mühüm ideya qaynağıdır.

Açar sözlər: *Yusif Məmmədaliyev, kimya elmi, elmi irs, tədris prosesi, innovativ təlim*

Azərbaycan elminin tarixində dərin iz qoymuş şəxsiyyətlərdən biri də akademik Yusif Məmmədaliyevdir. Onun fəaliyyəti həm elmi nailiyyətləri, həm də təhsilin elmiləşməsi istiqamətində gördüyü işlərlə səciyyələnir. XX əsrin ortalarında Azərbaycan neft kimyasının və üzvi sintez məktəbinin əsasını qoyan Y.Məmmədaliyev, eyni zamanda elmi düşüncənin tədrisdə tətbiqinə xüsusi önəm vermişdir.

O, hesab edirdi ki, elm yalnız laboratoriyada deyil, auditoriyada da formalaşır və tələbələrin elmi fəaliyyətə cəlb olunması gələcək mütəxəssislərin hazırlanmasında mühüm amildir (Məmmədov, 2020, s. 30).

Yusif Məmmədaliyev Azərbaycan elmi tarixində yalnız görkəmli kimyaçı kimi deyil, həm də elmi təfəkkürün tədris mühitinə integrasiyasını həyata keçirən nadir şəxsiyyətlərdən biri kimi xüsusi yer tutur. O, kimya elminin bir çox sahələrində, xüsusilə üzvi sintez, neft kimyası və katalitik proseslər istiqamətlərində apardığı tədqiqatlarla təkcə respublika miqyasında deyil, həm də dünya elmi səviyyəsində tanınmışdır (Hüseynov, 2018, s. 70).

Alim ilk dəfə olaraq neft məhsullarının emalında aromatik karbohidrogenlərin alınma yollarını sistemli şəkildə işləyib hazırlamış və bu sahədə tətbiqi əhəmiyyətli nəticələr əldə etmişdir. Onun rəhbərliyi ilə aparılan araşdırmalar nəticəsində Azərbaycan neftinin

tərkibindən yüksək keyfiyyətli benzin, sürtkü yağları və digər sənaye məhsullarının alınması üsulları təkmilləşdirilmişdir. Bu, o dövr üçün böyük iqtisadi və elmi yenilik idi.

Yusif Məmmədaliyev hesab edirdi ki, elmi nəticələr yalnız laboratoriya divarları arasında qalmamalıdır. Onun fikrincə, hər bir elmi yenilik tədris prosesinə daxil edilməli, tələbələrin elmi eksperimentlərdə iştirakı təmin olunmalıdır (Məmmədov, 2020, s. 28). Bu yanaşma sayəsində o, kimya fənninin tədrisində tədqiqat yönümlü öyrənmə modelinin ilk tətbiqçilərindən biri olmuşdur.

Onun rəhbərliyi altında tələbələr və gənc tədqiqatçılar kimyəvi proseslərin modelləşdirilməsi, katalizatorların hazırlanması və reaksiyaların mexanizmlərinin öyrənilməsi üzrə praktiki bacarıqlar qazanırdılar. Yusif Məmmədaliyev bu metodun təhsil prosesində həm tənqidi düşüncə, həm də yaradıcılıq qabiliyyətlərinin inkişafına xidmət etdiyini vurğulayırdı (Qasımova, 2022, s. 46).

Alim, tədris prosesində "elmi nəticənin mənimsənilməsi" anlayışına xüsusi önəm verirdi. Onun pedaqoji baxışlarına görə, tələbə yalnız məlumat qəbul etməməli, elmi prosesi dərk etməli, səbəb-nəticə əlaqələrini öz araşdırmaları ilə öyrənməlidir (Əliyev, 2015, s. 98). Bu prinsip bu gün də müasir tədris fəlsəfəsinin — problem əsaslı öyrənmə (problem-based learning) metodikasının mahiyyətinə tam uyğun gəlir.

Yusif Məmmədaliyev, eyni zamanda elmi nitqin mədəniyyəti və terminoloji düzgünlük məsələlərinə də böyük diqqət yetirirdi. O, hesab edirdi ki, elmi nəticələr sadə və anlaşılan dildə izah olunmalıdır. Bu məqsədlə kimya dərslərində elmi terminlərin izahlı təqdimatını tətbiq etmiş, tələbələrin elmi anlayışları gündəlik həyatda tətbiq etmə bacarıqlarını gücləndirmişdir (Rəhimli, 2019, s. 140).

Onun tərtib etdiyi tədris vəsaitləri və mühazirə konspektləri o dövrdə Azərbaycan dilində kimya fənninin tədrisində əsas mənbələrdən biri kimi istifadə olunurdu. Bu materiallar sonrakı dövrdə bir çox müəllimlər üçün metodik baza rolunu oynamışdır (Məmmədov, 2020, s. 60).

Məmmədaliyev, həmçinin tələbə–müəllim əməkdaşlığı prinsipinin tərəfdarı idi. O, hesab edirdi ki, tədrisdə ünsiyyət və fikir mübadiləsi elmin irəliləməsinin əsas şərtidir. Onun rəhbərlik etdiyi laboratoriyalarda tələbələr elmi araşdırmalarda aktiv iştirak edir, öz ideyalarını sərbəst şəkildə ifadə edirdilər.

Nəticə etibarilə, Yusif Məmmədaliyevin elmi və pedaqoji ideyaları göstərir ki, o, yalnız bir tədqiqatçı deyil, həm də müasir pedaqoji yanaşmaların banilərindən biri olmuşdur. Onun "təcrübə ilə düşüncənin vəhdəti" prinsipi bu gün də elmi-tədris sistemində aktuallığını saxlayır və Azərbaycan təhsil sistemində kimya elminin öyrədilməsinə nəzəri əsas verir.

Yusif Məmmədaliyevin elmi fəaliyyəti təkcə fərdi tədqiqatçılıqla məhdudlaşmamış, eyni zamanda böyük elmi məktəbin formalaşması ilə nəticələnmişdir. Bu məktəb XX əsr ortalarında Azərbaycan elminin və təhsilinin inkişafında yeni bir mərhələ açmışdır. Onun rəhbərliyi altında yüzlərlə gənc alim yetişmiş, sonradan Azərbaycan Elmlər Akademiyasının və ali məktəblərin tanınmış professor və akademiklərinə çevrilmişlər (Məmmədov, 2020, s. 55).

Yusif Məmmədaliyev məktəbi, mahiyyət etibarilə, yalnız kimya sahəsində deyil, həm də elmi düşüncə mədəniyyətinin formalaşdığı bir tədris modelidir. O, tələbə və gənc alimlər arasında sistemli düşüncə, analitik yanaşma və məsuliyyət hissini inkişaf etdirməyə xüsusi

diqqət yetirirdi. Məmmədaliyev tələbələrinin təkcə nəzəri biliklərə yiyələnməsini deyil, həm də müstəqil tədqiqat aparmaq bacarığını vacib hesab edirdi.

Bu məktəbin ən fərqli xüsusiyyəti elmi və tədris proseslərinin paralel və qarşılıqlı inteqrasiyası idi. Yəni, laborator tədqiqatlarda əldə edilən nəticələr dərhal dərş proqramlarına, mühazirə materiallarına və metodik vəsaitlərə daxil edilirdi. Bu yanaşma elmi nəticələrin dərhal praktik tədris prosesində tətbiqinə şərait yaradırdı.

Yusif Məmmədaliyev məktəbinin strukturu klassik elmi məktəblərdən fərqli idi. Alim tələbələrinin müzakirələrdə sərbəst fikir bildirməsinə, yeni ideyalar irəli sürməsinə şərait yaradırdı. O, hesab edirdi ki, "elmdə irəliləyiş yalnız müstəqil düşüncəyə əsaslandığında mümkündür" (Rəhimli, 2019, s. 140).

Bu prinsipin tətbiqi nəticəsində Məmmədaliyev məktəbində formalaşan gənc alimlər yalnız yerli elmi dairələrdə deyil, beynəlxalq miqyasda da uğur qazanmışlar. Onların bir çoxu sonralar xarici elmi mərkəzlərdə tədqiqatlar aparmış, Azərbaycan kimya elmini beynəlxalq səviyyədə təmsil etmişlər (Hüseynov, 2018, s. 75).

Yusif Məmmədaliyev məktəbinin tədrisə təsiri təkcə ali məktəblərlə məhdudlaşmamışdır. Onun elmi nailiyyətləri və metodik göstərişləri orta məktəblərin kimya fənni proqramlarına da daxil edilmişdir. Məsələn, 1950-60-cı illərdə onun rəhbərliyi ilə hazırlanan "Neft məhsullarının kimyası" mövzusu ilk dəfə olaraq məktəb dərsləyinə əlavə olunmuşdur. Bu, o dövrdə təhsil sistemində fundamental elmi biliklərin tədrisə gətirilməsi baxımından mühüm addım idi.

Elmi məktəbin fəaliyyətində, həmçinin müəllim hazırlığı xüsusi yer tuturdu. Məmmədaliyev, elmi laboratoriyalarda çalışan gənclərin sonradan pedaqoji fəaliyyətə başlamasını təşviq edirdi. Bu, onun məktəbinin pedaqoji istiqamətini formalaşdırmışdır. Beləliklə, Məmmədaliyev məktəbi yalnız elmi deyil, həm də pedaqoji kadrların yetişdirilməsi baxımından mühüm rol oynamışdır.

Məktəbin tədrisə təsiri həm də onun elmi ədəbiyyatın milli dildə hazırlanması təşəbbüsündə özünü göstərmişdir. Yusif Məmmədaliyev və onun tələbələri tərəfindən yazılmış dərslilər və monoqrafiyalar Azərbaycan dilində elmin inkişafına güclü təkan vermiş, terminoloji sistemin formalaşmasında əvəzsiz rol oynamışdır.

Bu elmi məktəbin tədris prosesinə verdiyi ən önəmli töhfələrdən biri də praktiki tədqiqat mədəniyyətinin formalaşmasıdır. Məmmədaliyev tələbələri sadəcə mövcud bilikləri mənimsəməyə deyil, onları yeni təcrübələrlə təsdiqləməyə yönəldirdi. Onun laboratoriyalarında aparılan eksperimentlər sonradan dərş prosesinin nümunəvi materialına çevrilmişdir.

Məmmədaliyev məktəbinin ideyaları bu gün də Azərbaycan ali təhsil müəssisələrində kimya ixtisaslarının tədrisində tətbiq olunur. Xüsusilə Bakı Dövlət Universiteti, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti və ADPU-nun kimya fakültələrində onun elmi metodikasına əsaslanan praktiki dərslər və seminarlar həyata keçirilir. Bu da göstərir ki, Yusif Məmmədaliyev elmi məktəbi həm elmin inkişafında, həm də təhsil sistemində dayanıqlı təsirə malikdir.

Nəticə etibarilə, Yusif Məmmədaliyev məktəbi Azərbaycan elminin tarixi mərhələsində yeni elmi-pedaqoji düşüncə modelinin əsasını qoymuşdur. Bu model elmin tətbiqi yönümünü gücləndirməklə, müasir dövrdə də aktual olan təcrübəyə əsaslanan tədris prinsipinin formalaşmasına mühüm töhfə vermişdir (Məmmədov, 2020, s. 82).

Yusif Məmmədaliyevin elmi-pedaqoji irsi müasir Azərbaycan təhsil sistemində mühüm əhəmiyyət daşıyır. Onun elmi baxışları, tədrisə yanaşma prinsipləri və pedaqoji təcrübəsi bu gün də təhsil strategiyalarının formalaşmasında tətbiq olunur. Xüsusilə XXI əsrin innovativ və kompetensiyaya əsaslanan təhsil modelində Məmmədaliyevin ideyaları praktiki bilik, tədqiqat yönümlü öyrənmə və milli elmi kimliyin qorunması kimi prinsiplərlə səsləşir.

Məmmədaliyevin irsinin müasir təlim prosesinə ən mühüm təsiri onun tədqiqat yönümlü tədris metodologiyası ilə bağlıdır. O, hesab edirdi ki, elmi bilik sadəcə öyrənilməməli, həm də tətbiq və təcrübə ilə möhkəmləndirilməlidir. Bu fikir bu gün "problem əsaslı öyrənmə" (problem-based learning) və "layihə yönümlü tədris" (project-based learning) modelləri ilə sıx əlaqəlidir. Müasir Azərbaycan ali məktəblərində bu metodların tətbiqi, xüsusilə kimya, mühəndislik və təbiət elmləri sahələrində, Məmmədaliyevin elmi-fəlsəfi yanaşmasının davamıdır.

Yusif Məmmədaliyevin tədris prinsiplərinin əsas məğzi elmin milli dildə öyrədilməsi və yerli problemlərin həllinə yönəldilməsi olmuşdur. O, hesab edirdi ki, elmi inkişaf yalnız o zaman dayanıqlı olur ki, xalqın dilində düşünülür və milli maraqlara xidmət edir. Bu baxış bu gün Azərbaycan universitetlərində tədrisin həm milli, həm də beynəlxalq səviyyədə integrasiya olunmuş modelinə böyük təsir göstərmişdir. Kimya və mühəndislik ixtisaslarında Azərbaycan dilində dərsliklərin hazırlanması və tədris prosesinə integrasiya edilməsi bu ideyanın təzahürüdür.

Məmmədaliyevin pedaqoji irsində müəllim-tələbə münasibətləri xüsusi yer tuturdu. O, müəllimin rolunu bilik ötürən deyil, öyrənmə prosesini istiqamətləndirən şəxs kimi qiymətləndirirdi. Bu yanaşma müasir pedaqogikada "tələbə mərkəzli təlim" (learner-centered teaching) prinsipi ilə üst-üstə düşür. Onun laboratoriyasında formalaşmış "sual vermək, tənqidi düşünmək, nəticəni sübutla əsaslandırmaq" mədəniyyəti indi müasir universitet təcrübələrinin ayrılmaz hissəsidir (Məmmədov, 2020, s. 95).

Məmmədaliyevin ideyalarının bu gün tətbiq olunduğu mühüm istiqamətlərdən biri də STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) təlim yanaşmasıdır. Onun neft kimyası və sintetik yanacaqlar üzrə apardığı eksperimental tədqiqatlar, gənc alimləri elmi biliklə praktikanı birləşdirməyə təşviq etmişdir. Bu prinsiplər bu gün məktəblərdə və universitetlərdə həyata keçirilən STEM layihələrinin metodoloji əsasını təşkil edir. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı Dövlət Universiteti və ADPU-da həyata keçirilən "Təcrübədən öyrənmək" layihələri birbaşa Məmmədaliyev elmi məktəbinin müasir təzahürüdür.

Onun irsinin aktual istiqamətlərindən biri də ekoloji və enerji yönümlü təhsil sahəsində özünü göstərir. Məmmədaliyevin neft kimyası üzrə tədqiqatları yalnız sənaye üçün deyil, həm də ekologiya və alternativ enerji məsələləri üçün elmi baza yaratmışdır. Bu gün ekoloji təhsil və yaşıl enerji proqramlarında onun elmi yanaşmalarına istinad edilir. Xüsusilə, "yanacaq kimyası" və "ekoloji kimya" fənlərində Məmmədaliyevin elmi konsepsiyaları dərs materiallarının əsasını təşkil edir.

Yusif Məmmədaliyevin pedaqoji fəaliyyətinin və elmi-praktik baxışlarının əsas mahiyyəti təhsil sisteminin inkişafına yönəlmişdi. O, elm və təhsilin vəhdətini Azərbaycan cəmiyyətinin tərəqqisinin əsas amili kimi qiymətləndirirdi. Onun elmi-pedaqoji prinsipləri bu gün də Azərbaycan Respublikasının təhsil strategiyasında, xüsusilə "Azərbaycan 2030:

sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər" sənədində əksini tapan "bilikli, bacarıqlı və innovativ gənclik" məqsədinə uyğun gəlir (Əliyev, 2015, s. 134).

Alimin pedaqoji prinsipləri həm də təhsildə elmi-etik dəyərlərin qorunması ilə bağlı idi. O, elm adamının şəxsiyyətini və elmi vicdanı tədris prosesinin mərkəzinə qoyurdu. Məmmədaliyev tələbələrinə təkcə bilik deyil, həm də elmi davranış qaydalarını öyrədirdi. Onun bu yanaşması müasir təhsil strategiyasında "akademik etika", "akademik dürüstlük" və "məsuliyyətli araşdırma" prinsipləri ilə uyğunluq təşkil edir.

Yusif Məmmədaliyevin pedaqoji fəaliyyətinin və elmi-praktik baxışlarının əsas mahiyyəti təhsil sisteminin inkişafına yönəlmişdi. O, elm və təhsilin vəhdətini Azərbaycan cəmiyyətinin tərəqqisinin əsas amili kimi qiymətləndirirdi. Onun elmi-pedaqoji prinsipləri bu gün də Azərbaycan Respublikasının təhsil strategiyasında, xüsusilə "Azərbaycan 2030: sosial-iqtisadi inkişafa dair Milli Prioritetlər" sənədində əksini tapan "bilikli, bacarıqlı və innovativ gənclik" məqsədinə uyğun gəlir (Əliyev, 2015, s. 134).

Məmmədaliyev təhsil idarəçiliyi sahəsində də yenilikçi idi. O, elmi müəssisələrin və universitetlərin idarə olunmasında demokratik prinsiplərin tətbiqini dəstəkləyirdi. Onun təşəbbüsü ilə 1950-ci illərdə elmi şuralarda gənc alimlərin iştirakı təmin olunmuş, elmi qərarların kollektiv müzakirəsi sistemi formalaşdırılmışdır. Bu model hazırda Azərbaycan ali təhsil müəssisələrində "kollegial idarəetmə" prinsipi kimi tətbiq olunur (Məmmədov, 2020, s. 114).

Müasir dövrdə Yusif Məmmədaliyevin elmi-pedaqoji prinsipləri təhsil strategiyasının aşağıdakı istiqamətlərində özünü göstərir:

- ✓ Təhsilin elmlə inteqrasiyası və innovasiyaya əsaslanması;
- ✓ Elmi məktəblərin davamlı inkişafı və kadr hazırlığı sisteminin gücləndirilməsi;
- ✓ Milli dəyərlərlə beynəlmiləl elmi yanaşmanın sintezi;
- ✓ Təhsildə şəxsiyyət yönümlü və tədqiqat əsaslı yanaşmanın tətbiqi.

Bu istiqamətlər həm "Azərbaycan Respublikasında ali təhsilin inkişafı üzrə Dövlət Proqramı (2019–2030)" sənədində, həm də Təhsil Nazirliyinin strateji xəttində öz əksini tapmışdır. Beləliklə, Yusif Məmmədaliyevin pedaqoji prinsipləri bu gün Azərbaycan təhsilinin ideoloji və elmi dayaqlarından biri kimi çıxış edir (Qasımova, 2022, s. 75).

Nəticə olaraq, Yusif Məmmədaliyev yalnız kimya elminin banilərindən biri deyil, həm də müasir təhsil idarəçiliyinin nəzəri əsaslarını formalaşdıran strateji düşüncə sahibidir. Onun irsi, pedaqoji prinsipləri və milli elmə baxışı XXI əsr Azərbaycan təhsilinin innovativ inkişaf konsepsiyasına dərin təsir göstərməkdə davam edir (Hüseynov, 2018, s. 89).

Məmmədaliyevin ideyaları bu gün elmi pedaqogika və metodika sahəsində də tətbiq olunur. Onun "elmə praktiki yanaşma" prinsipi müəllim hazırlığında mühüm yer tutur [Əliyev, 2015, s. 105].

Kimya müəllimlərinin təlim proqramlarında Yusif Məmmədaliyevin təcrübəsinə istinadlar tələb olunur. O, elmin sadəcə bilik toplusu deyil, həm də düşüncə tərzini olduğunu sübut etmişdir (Hüseynov, 2018, s. 128).

Bu yanaşma müasir STEAM təlim modelinin də əsas fəlsəfəsinə tam uyğundur.

Yusif Məmmədaliyev yalnız Azərbaycan elminin deyil, həm də milli təhsil sisteminin formalaşmasında mühüm rol oynamış şəxsiyyətdir. Onun irsi bu gün də tədris prosesinin elmləşməsi, tələbələrin tədqiqat yönümlü təfəkkürünün formalaşması və müəllim hazırlığında aktual olaraq qalır.

Məmmədaliyevin ideyaları müasir tədris metodikasında, ali və orta ixtisas təhsili səviyyələrində istifadə olunmaqla, elmin tətbiqi yönümünün güclənməsinə xidmət edir.

O, Azərbaycan təhsil sisteminin tarixində elmin və təhsilin vahdətini ən yüksək səviyyədə təcəssüm etdirən simadır.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev, M. Yusif Məmmədaliyev və Azərbaycan kimya elminin inkişafı. Bakı: 2015. "Elm" nəşriyyatı, s. 45-112
2. Hüseynov, F. Azərbaycan neft kimyası tarixindən. Bakı: 2018. "Təhsil" nəşriyyatı, s. 67-130
3. Məmmədov, T. Akademik Yusif Məmmədaliyevin elmi məktəbi. Bakı: 2020. Elm və təhsil, s. 25-89
4. Qasımova, N. "Yusif Məmmədaliyev irsinin müasir kimya tədrisində tətbiqi". Azərbaycan Təhsil Jurnalı, №3, 2022. s. 45-52
5. Rəhimli, R. Azərbaycan alimləri və milli elmin inkişafı. Bakı: 2019. Elm və innovasiya, s. 134-176

SUMMARY

A prominent representative of Azerbaijani science, academician Yusif Mammadaliyev is one of the personalities who played an exceptional role in the development of Azerbaijani chemical science and education system in the 20th century. The main directions of his scientific activity were the study of petrochemistry, organic synthesis and catalysis processes. Yusif Mammadaliyev's scientific heritage still has a strong influence on the content, methodology and practical orientation of chemistry teaching in our republic today. In his works, modern principles of natural sciences, systematic organization of scientific thought and application of experimental activity in teaching occupy a central place. The scientific school prepared by Mammadaliyev led to the emergence of fundamental innovations in various fields of chemical science, and his students later became leading figures of republican science. Currently, his scientific ideas are reflected in the programs of chemistry of higher schools, textbooks and scientific research projects.

The article analyzes the mechanisms of application of Yusif Mammadaliyev's scientific heritage in teaching, the role of his ideas in modern scientific pedagogical processes, as well as their impact on the formation of scientific thinking and creative abilities in the younger generation.

As a result, it is noted that Yusif Mammadaliyev's heritage is not only a collection of scientific achievements, but also an important source of ideas in the formation of modern teaching and learning strategies.

Keywords: Yusif Mammadaliyev, chemical science, scientific heritage, teaching process, innovative teaching

РЕЗЮМЕ

Видный представитель азербайджанской науки, академик Юсиф Мамедалиев принадлежит к числу личностей, сыгравших исключительную роль в развитии азербайджанской химической науки и системы образования в XX веке. Основными направлениями его научной деятельности были изучение нефтехимии, органического синтеза и процессов катализа. Научное наследие Юсифа Мамедалиева и сегодня оказывает сильное влияние на содержание, методiku и практическую направленность преподавания химии в нашей республике. В его трудах центральное место занимают современные принципы естественнонаучного образования, системная организация научной мысли и применение экспериментальной деятельности в обучении. Научная школа, созданная Мамедалиевым, привела к появлению фундаментальных инноваций в различных областях химической науки, а его ученики впоследствии стали корифеями республиканской науки. В настоящее время его научные идеи отражены в программах по химии вузов, учебниках и научно-исследовательских проектах.

В статье анализируются механизмы применения научного наследия Юсифа Мамедалиева в педагогической деятельности, роль его идей в современных научно-педагогических процессах, а также их влияние на формирование научного мышления и творческих способностей подрастающего поколения.

В результате отмечается, что наследие Юсифа Мамедалиева – это не только совокупность научных достижений, но и важный источник идей для формирования современных стратегий обучения и воспитания.

Ключевые слова: *Юсиф Мамедалиев, химическая наука, научное наследие, учебный процесс, инновационное обучение*

BƏRPA OLUNAN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN DAYANIQLI İNKİŞAFDA ROLU VƏ PERSPEKTİVLƏRİ

SƏBİNƏ ZEYNALOVA

zsebine02@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1429-3620>

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti Ağcabədi filialı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Müasir dövrdə sürətlə artan global enerji tələbatı, ənənəvi enerji resurslarının tükənməsi və kəskinləşən ekoloji problemlər bəşəriyyəti enerji təminatında yeni yanaşmalar axtarmağa sövq etmişdir. Bu kontekstdə bərpa olunan enerji mənbələri – günəş, külək, hidro, bioenerji və geotermal resurslar – dayanıqlı inkişafın təmin olunmasında əsas strateji amillərdən birinə çevrilmişdir. Bu mənbələr tükənməzliyi, ekoloji təmizliyi, karbon emissiyalarını əhəmiyyətli dərəcədə azaltması və enerji təhlükəsizliyinə verdiyi töhfə ilə fərqlənir.

Məqalədə bərpa olunan enerji sistemlərinin iqtisadi, ekoloji və texnoloji üstünlükləri geniş şəkildə təhlil edilir. Bərpa olunan enerjinin tətbiqi ətraf mühitin qorunmasına, iqlim dəyişikliyinə təsirlərinin azaldılmasına və ölkələrin enerji asılılığının minimuma endirilməsinə şərait yaradır. Xüsusilə Azərbaycan kimi böyük günəş və külək potensialına malik ölkələrdə yaşıl enerji keçidi həm iqtisadi diversifikasiyanı gücləndirir, həm də "yaşıl inkişaf" modeli üçün əlverişli imkanlar formalaşdırır.

Dünyada ekoloji problemlərin dərinləşməsi enerji istehsalı ilə sıx bağlıdır. Fosil yanacaqların yandırılması atmosfərə karbon qazı buraxır, bu isə global istiləşməni sürətləndirir. BMT-nin məlumatına görə, enerji sektorunun payına global karbon emissiyalarının təxminən 73%-i düşür. Yaşıl enerji bu mənada karbon izinin azaldılmasına mühüm töhfə verir. İqtisadi baxımdan, yaşıl enerji uzunmüddətli dövrdə resurs asılılığını azaldır və enerji təhlükəsizliyini gücləndirir.

Tədqiqatın məqsədi bərpa olunan enerji mənbələrinin dayanıqlı inkişafda rolunu nümayiş etdirmək, mövcud problemləri müəyyənləşdirmək və gələcək inkişaf perspektivlərini ortaya qoymaqdır. Aparılan təhlillər göstərir ki, enerji sistemlərinin rəqəmsallaşdırılması, smart şəbəkələrin qurulması, enerji saxlanması texnologiyalarının tətbiqi və dövlət-sahibkar tərəfdaşlığının gücləndirilməsi bərpa olunan enerji sektorunun genişlənməsində mühüm rol oynayır.

Nəticə olaraq qeyd olunur ki, bərpa olunan enerji mənbələrinin geniş tətbiqi uzunmüddətli ekoloji sabitliyin təmin edilməsi, resurslardan səmərəli istifadə və sosial rifahın artırılması üçün müasir dövrün zəruri tələbidir. Bu istiqamətdə elmi araşdırmaların dərinləşdirilməsi və innovativ texnologiyaların tətbiqi sektorun inkişaf perspektivlərini daha da genişləndirir.

Açar sözlər: Bərpa olunan enerji, dayanıqlı inkişaf, enerji təhlükəsizliyi, karbon emissiyası, smart şəbəkələr

Giriş

XXI əsrdə enerji təhlükəsizliyi və ekoloji tarazlığın qorunması global siyasətin prioritet istiqamətlərindən birinə çevrilib. Dünyada enerji tələbatının artması və karbon emissiyalarının yüksəlməsi bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadənin aktuallığını

artırır. Bu enerji növləri həm iqtisadi cəhətdən sərfəli, həm də ekoloji baxımdan təhlükəsiz olması ilə dayanıqlı inkişafın əsasını təşkil edir.

Problemin qoyuluşu

Ənənəvi enerji mənbələrinin tükənməsi, onların qiymətində qeyri-sabitlik, global iqlim dəyişikliyinə sürətlənməsi və ekoloji fəsadların artması mövcud enerji modelinin dəyişdirilməsini zəruri edir. Fosil yanacaqlara əsaslanan enerji istehsalı karbon emissiyalarının 75%-dən çoxunu təşkil edir və bu tendensiya ətraf mühitin ekoloji balansını pozur. Bir çox ölkələr enerji idxalından asılı vəziyyətdə qalır, bu isə geosiyasi riskləri artırır. Buna görə bərpa olunan enerji resurslarının geniş istifadəsi həm ekoloji, həm də enerji təhlükəsizliyi baxımından strateji əhəmiyyət daşıyır.

Sürətlə dəyişən global enerji mənzərəsi, artan enerji tələbatı və ekoloji problemlərin dərinləşməsi bəşəriyyəti yeni enerji strategiyaları formalaşdırmağa məcbur edir. Ənənəvi enerji mənbələrinin tükənməsi, fosil yanacaqlardan istifadənin iqlim dəyişikliyinə səbəb olması və karbon emissiyalarının təhlükəli həddə çatması bərpa olunan enerji mənbələrinin aktuallığını daha da artırmışdır. Müasir dövrdə enerji siyasətinin əsas prioriteti həm ekoloji tarazlığın qorunmasını, həm də iqtisadi inkişafın davamlılığını təmin edə biləcək alternativ enerji resurslarından geniş istifadədir.

Bərpa olunan enerji mənbələri tükənməzliyi, ekoloji təmizliyi və enerji təhlükəsizliyinə verdiyi töhfə ilə dayanıqlı inkişafın vacib komponentinə çevrilmişdir. Bu enerji növləri ətraf mühitin mühafizəsində xüsusi rol oynamaqla yanaşı, ölkələrin enerji idxalından asılılığını azaldır, regionların sosial-iqtisadi inkişafına müsbət təsir göstərir və yeni texnologiyaların inkişafını stimullaşdırır.

Global miqyasda müşahidə olunan enerji transformasiyası göstərir ki, gələcək enerji modelinin əsasını məhz bərpa olunan enerji resurslarının geniş tətbiqi təşkil edəcəkdir. Bir çox ölkələr dayanıqlı inkişaf məqsədlərinə nail olmaq üçün yaşıl enerji proqramları, smart enerji şəbəkələri, elektrik nəqliyyatı və karbon neytrallığı strategiyalarını həyata keçirir. Bu baxımdan bərpa olunan enerji sektoru həm elmi-tədqiqat, həm də praktiki tətbiq sahəsində yeni imkanlar açır.

Enerji və ondan səmərəli istifadə sivilisasiyanın yaşaması və inkişafında mühüm amilə, xalqın rifahının əsas müasir göstəricisinə çevrilmişdir. Müasir sivilisasiya üçün öz enerji tələbatının ödənilməsinin müstəsna əhəmiyyəti ölkənin milli təhlükəsizliyinin mühüm elementlərindən biri olan enerji təhlükəsizliyi kimi xüsusiyyətlərin (hərbi, iqtisadi, ekoloji, ərzaq və digər təhlükəsizlik növləri ilə yanaşı) tətbiqində özünü göstərir (Q.B.Məmmədov, S.Z.Məmmədov, Q.M.Allahverdiyeva, 2024, s.5).

Bərpa olunan enerji mənbələri günəş, külək, hidro, bioenerji və geotermal kimi təbii, tükənməz resurslara əsaslanır və ekosistemə minimal təsir göstərmək potensialına malikdir.

Yaşıl enerji mənbələrinin ənənəvi enerji mənbələrindən fərqləndirən üç əsas növü bunlardır:

1. Bərpa olunan enerji mənbələri tükənməzdir;
2. Bərpa olunan enerji mənbələri tam təhlükəsiz, iqlim üçün heç bir zərəri yoxdur;
3. Bərpa olunan enerji mənbələri yerli və təbii mənbələrdir. (M.A.Əsədli, 2023, səh.103)

Günəş enerjisi fotovoltaiq panellər vasitəsilə günəş şüalarını elektrik enerjisinə çevirir və ən geniş yayılmış yaşıl enerji növüdür.

Günəş enerjisinin istifadəsinin üstünlüyü ondadır ki, günəş qurğuları işləyən zaman parnik effekti yaranmır, havanın çirklənməsi baş vermir, istilik aşağı atmosfer qatlarına yayılır.

Günəş enerjisinin elektrik enerjisinə çevrilməsi günəş elektrik stansiyalarında(GES) baş verir. Burada günəş enerjisini qəbul edib onu ardıcıl olaraq əvvəl istilik, mexaniki sonra isə elektrik enerjisinə çevirən avadanlıq olur. GES –nin işini səmərəli təşkil etmək üçün enerji yığıcı və avtomatik idarəetmə sistemləri tələb olunur. Günəş enerjisinin qəbulu və istiliyə çevrilməsi optik əksetmə sistemi və sıxlaşdırılmış günəş eneji qəbuledicisinin köməkliliyi ilə baş verir. Bunlar su buxarı almaq, qaz şəkilli və digər istilik daşıyıcılarının işçi hissələrinin qızdırılması üçün istifadə edilir. Günəş elektrik stansiyalarının yerləşdirilməsi üçün ən əlverişli yer quraqlıq və səhra zonalarıdır. Dünyanın ən böyük səhralarının 20 mil.km² ümumi sahəsinə düşən $5 \times 10^{16} \text{ kv.t}$ x saat günəş enejişinin çevrilmə effektivliyi 10% olarsa, səhra zonasının 1%-dən istifadə edilməsi kifayət edərdi ki, bəşəriyyətin elektrik enerjisində olan indiki tələbatı ödənilsin (Ş.Ə. Əhmədov, S.N. Novruzov, 2019, s.125).

Külək enerjisi atmosfer axınlarından istifadə edərək elektrik istehsal edir və son illər Avropa, Çin və ABŞ-da əsas enerji mənbələrindən birinə çevrilmişdir.

Külək enerjisi təbiət proseslərinin məhsuludur. Külək enerjisindən hələ qədimdən mexaniki enerji almaq üçün istifadə olunurdu. Yel dəyirmanları, yelkənli gəmilər və s. məhz bu enerjinin hesabına hərəkətə gətirilirdi. Küləklə işləyən su nasosları qədimdən məlumdur. Yalnız XX əsrin 60-cı illərindən başlayaraq külək enerjisi hesabına elektrik enerjisinin alınması yollarında ciddi addımlar atıldı. Hal-hazırda dünyanın bir çox ölkələrində külək elektrik stansiyalarının inşası çox geniş vüsət almışdır. Hesablamalar göstərir ki, yer kürəsinin səthinin $107 \times 10^6 \text{ kv.km}$ və yaxud 27% – də hər an 5 m/san sürətlə külək əsir. Küləyin bu səviyyədə əsməsi artıq külək elektrik stansiyasının fəaliyyətinə imkan yaradır. Hər bir kv.km. sahədən nəzəri cəhətdən 8 Mvt gücündə enerji almaq mümkündür. Lakin yer kürəsinin göstərilən ərazisinin təkcə 4%-dən səmərəli istifadə etmək mümkündür. Yəni əhalinin yaşayış yerinə məhz bu 4% ərazi yaxındır. (Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, 2004, səh. 12)

Hidroenerji suyun hərəkət enerjisini elektrikə çevirərək ənənəvi və sabit enerji forması kimi qalmaqdadır.

Bioenerji orqanik tullantıların emalı nəticəsində alınan yanacaqdır və həm enerji istehsalında, həm də tullantıların idarə edilməsində əhəmiyyətlidir.

Geotermal enerji isə Yer qabığının dərin qatlarında toplanmış istilik enerjisidir. Geotermal enerji bəşəriyyət üçün bərpa olunan və ekoloji cəhətdən təmiz enerji mənbələrindən biridir.

Dünyada ekoloji problemlərin dərinləşməsi enerji istehsalı ilə sıx bağlıdır. Fosil yanacaqların yandırılması atmosfərə karbon qazı buraxır, bu isə qlobal istiləşməni sürətləndirir. BMT-nin məlumatına görə, enerji sektorunun payına qlobal karbon emissiyalarının təxminən 73%-i düşür. Yaşıl enerji bu mənada karbon izinin azaldılmasına mühüm töhfə verir. İqtisadi baxımdan, yaşıl enerji uzunmüddətli dövrdə resurs asılılığını azaldır və enerji təhlükəsizliyini gücləndirir.

Yaşıl texnologiyalar ekoloji cəhətdən təmiz və davamlı həllər təklif edir. Bu texnologiyalar təbii ehtiyatların qorunması, enerji səmərəliliyi, tullantıların idarə edilməsi, suya qənaət və iqlim dəyişikliyi kimi ekoloji problemlərə cavab vermək üçün

hazırlanmışdır. Bu gün yaşıl texno-logiyaların əhəmiyyəti artır, çünki ekoloji davamlılıq qlobal prioritetə çevrilmişdir. Bir çox sənaye sahələri yaşıl texnologiyaların tətbiqi ilə daha az enerji istehlakına, aşağı əməliyyat xərclərinə və ətraf mühitə daha az təsirə nail olmuşlar. Məsələn, bərpa olunan enerji mənbələri əsasında elektrik enerjisi istehsalı qalıq yanacaqların istifadəsini azaltmaqla istixana qazı emissiyalarını azaldır və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizəyə töhfə verir (Novruzov, Ü., Kazımlı, E. 2024, s.359).

Dayanıqlı inkişaf konsepsiyası iqtisadi artım, sosial rifah və ekoloji tarazlığın eyni anda qorunmasını nəzərdə tutur. Bu baxımdan bərpa olunan enerji mənbələrinin geniş tətbiqi dayanıqlı inkişafın üç əsas komponenti arasında balans yaradır.

Enerji istehsalının ekoloji çirklənmə və iqlim dəyişikliklərinə təsiri nəzərə alındıqda, yaşıl enerji texnologiyalarının tətbiqi artıq alternativ deyil, strateji zərurət hesab olunur. Bu mənbələr qlobal miqyasda karbon emissiyalarının azaldılmasına və ekoloji fəsadların qarşısının alınmasına mühüm töhfə verir. OECD, IEA və BMT-nin hesabatlarında qeyd edilir ki, bərpa olunan enerji sistemlərinin genişləndirilməsi Paris İqlim Sazişi öhdəliklərinin yerinə yetirilməsində əsas istiqamətlərdən biridir.

Bərpa olunan enerji istehsalı zamanı atmosfərə karbon dioksid, azot oksidi və digər zərərli tullantıların atılması minimaldır. Günəş və külək enerjisi tamamilə emissiyasız hesab olunur. Bu isə öz növbəsində iqlim dəyişikliyinə təsirlərini azaldır, havanın keyfiyyətini yaxşılaşdırır, su və torpaq resurslarını çirkləndirmir.

Hidroenerji və bioenerji kimi mənbələrdə müəyyən ekoloji təsirlər olsa da, onların qlobal miqyasda ümumi emissiyaya təsiri fosil yanacaqlarla müqayisədə dəfələrlə azdır.

Bərpa olunan enerji sektoru sürətlə böyüyən və yüksək investisiya cəlbediciliyinə malik sahədir. Son illər dünya üzrə günəş və külək qurğularının quraşdırılma qiymətlərində 70-90% arasında ucuzlaşma müşahidə olunur. Nəticədə, enerji istehsalının maya dəyəri azalır, yeni iş yerləri yaradılır (xüsusilə regionlarda), enerji idxalından asılılıq azalır, yerli istehsalın və texnologiya transferinin inkişafı artır.

Əlavə olaraq, bərpa olunan enerjinin saxlanması texnologiyalarının (litium-ion batareyalar, hidrogen sistemləri) inkişafı enerji sektorunda yeni iqtisadi imkanlar formalaşdırır.

İntellektual enerji sistemləri (smart grids), IoT əsaslı enerji monitorinqi, real vaxt rejimində istehlakın idarə edilməsi və enerji saxlanması texnologiyalarının inkişafı bərpa olunan enerjinin səmərəliliyini artırır.

Smart şəbəkələr bərpa olunan enerjinin qeyri-sabit təbiətini (küləyin dəyişkənliyi, günəş şüalanmasının müxtəlifliyi) kompensasiya etməyə imkan verir. Bu şəbəkələr enerji itkisini azaldır, enerji təchizatının fasiləsizliyini təmin edir və istehlakçıların davranışını optimallaşdırır.

Bərpa olunan enerjinin geniş tətbiqi üçün enerji saxlanması texnologiyaları əsas şərtədir. Batareyaların enerji tutumunun artması və qiymətinin ucuzlaşması günəş və külək enerjisinin strateji istifadəsini genişləndirir. Hidrogen texnologiyaları isə sənaye və nəqliyyat sahələrində yeni tətbiq imkanları açır.

Son 20 ildə bərpa olunan enerji dünya enerji bazarında ən sürətlə böyüyən sektor olub. International Energy Agency-nın məlumatına görə qlobal enerji istehsalının 30%-ə yaxını bərpa olunan mənbələr hesabına təmin edilir. 2030-cu ilə qədər bu göstəricinin 45%-ə

yüksəlcəyi proqnozlaşdırılır. Günəş enerjisi dünyada ən ucuz elektrik enerjisi mənbəsinə çevrilmişdir.

ABŞ, Çin, Almaniya, Yaponiya və Skandinaviya ölkələrinin siyasəti bərpa olunan enerji texnologiyalarının genişlənməsinə təkan vermişdir. Bu ölkələrin təcrübəsi göstərir ki, dövlət siyasəti, subsidiyalar, texnoloji inkişaf və özəl sektorun iştirakı enerji keçidinin aparıcı amilləridir.

Azərbaycan Respublikasında bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı həm enerji təhlükəsizliyinin gücləndirilməsi, həm də "yaşıl keçid" strategiyasının reallaşdırılması üçün prioritet istiqamətlərdən biridir.

Abşeron yarımadası və Xəzər sahilləri yüksək külək sürəti ilə seçilir.

Qarabağ və Naxçıvan bölgələri güclü günəş radiasiyası ilə böyük potensiala malikdir.

2021-ci ildə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur bölgələrinin "yaşıl enerji zonası" elan edilməsi ölkənin enerji xəritəsində yeni mərhələnin başlanğıcı olmuşdur. Bu zona 1000 MVt-dan artıq günəş enerjisi potensialı və 500 MVt-dan artıq külək enerjisi potensialı ilə fərqlənir.

Bərpa olunan enerji sektorunun inkişafı ilə yanaşı bir sıra çətinliklər mövcuddur:

- ✓ İnfrastrukturun tam modernləşməməsi;
- ✓ Enerji saxlanması sistemlərinin kifayət qədər inkişaf etməməsi;
- ✓ İdxaldan asılı texnologiya təminatı;
- ✓ Qeyri-sabit enerji istehsalı (külək və günəşin dəyişkənliyi);
- ✓ Normativ-hüquqi bazanın bəzi sahələrdə tam formalaşmaması.

Bu problemlərin həlli innovativ texnologiyaların tətbiqini və dövlət-özəl tərəfdaşlığının gücləndirilməsini tələb edir.

Nəticə

Aparılan təhlillər göstərir ki, bərpa olunan enerji mənbələri dayanıqlı inkişafın təmin olunmasında strateji əhəmiyyətə malikdir. Bu enerji mənbələri ekoloji təhlükələri azaldır, enerji təhlükəsizliyini gücləndirir və iqtisadiyyatda innovativ inkişafı stimullaşdırır. Azərbaycan da daxil olmaqla bir çox ölkələr yaşıl enerji keçidini prioritet kimi müəyyənləşdirməklə bu sahədə geniş imkanlar formalaşdırır. Bərpa olunan enerjinin tətbiqi gələcək nəsillər üçün təmiz və sabit enerji mühitinin yaradılmasını təmin edir.

Təkliflər

- ✓ Bərpa olunan enerji texnologiyalarının tətbiqinə dair dövlət subsidiyalarının artırılması;
- ✓ Smart enerji şəbəkələrinin qurulması və rəqəmsal idarəetmə sistemlərinin genişləndirilməsi;
- ✓ Ali təhsil müəssisələrində "yaşıl enerji mühəndisliyi" üzrə ixtisasların inkişaf etdirilməsi;
- ✓ Yerli və xarici investorlar üçün hüquqi və iqtisadi stimulların gücləndirilməsi;
- ✓ Enerji səmərəliliyi ilə bağlı maarifləndirmə proqramlarının genişləndirilməsi;
- ✓ Enerji saxlama texnologiyalarının (hidrogen, batareyalar) elmi-tədqiqat səviyyəsində inkişafının dəstəklənməsi.

ƏDƏBİYYAT

1. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası "Energetikanın problemləri", №1, 2004, "Azərbaycanda Külək Enerjisindən İstifadənin Perspektivləri", 1-40 s., s. 12
2. Məmmədov, Q.B., Məmmədov, S.Z., Allahverdiyeva, Q.M. Elektroenergetikanın müasir problemləri. Dərs vəsaiti. Bakı: 2024. Elm, 208 s., s.5
3. Əsədli, M.A. "Külək enerjisinin Dağlıq Şirvan İqtisadi Zonasında Energetik xüsusiyyətlərinin tədqiqi", ELMİ İŞ Beynəlxalq elmi jurnal. İmpakt Faktor: 2.255. 2023 / Cild: 17 Sayı: 2 / s.103-108., s.103
4. Əhmədov, Ş.Ə., Novruzova, S.N. "Alternativ enerji mənbələrindən istifadə və müasir bioqaz qurğusunun enerji istehsalı", Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının xəbərləri, Cild 11. №4 Oktyabr – Dekabr 2019, s.124-128., s.125
5. Novruzov, Ü., Kazımlı, E. "Yaşıl texnologiyaların kiçik və orta sahibkarlıq subyektlərində tətbiqində universitetlərin rolu", "Azərbaycanda ətraf mühitin sağlamlaşdırılmasında Ümummilli Lider Heydər Əliyevin rolu" mövzusunda elmi-praktiki konfrans. Bakı: 2024, Elm, 540s.

SUMMARY

Sabina Zeynalova

ROLE AND PROSPECTS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT

In modern times, the rapidly increasing global energy demand, the depletion of traditional energy resources, and the worsening environmental problems have prompted humanity to seek new approaches to energy supply. In this context, renewable energy sources – solar, wind, hydro, bioenergy and geothermal resources – have become one of the key strategic factors in ensuring sustainable development. These sources are distinguished by their inexhaustibility, environmental friendliness, significant reduction of carbon emissions and contribution to energy security.

The article extensively analyzes the economic, environmental and technological advantages of renewable energy systems. The application of renewable energy creates conditions for environmental protection, reducing the effects of climate change and minimizing the energy dependence of countries. Especially in countries with large solar and wind potential, such as Azerbaijan, the green energy transition both strengthens economic diversification and creates favorable opportunities for the "green development" model.

The deepening of environmental problems in the world is closely related to energy production. Burning fossil fuels releases carbon dioxide into the atmosphere, which accelerates global warming. According to the UN, the energy sector accounts for approximately 73% of global carbon emissions. Green energy makes a significant contribution to reducing the carbon footprint in this sense. From an economic perspective, green energy reduces resource dependence in the long term and strengthens energy security. The aim of the study is to demonstrate the role of renewable energy sources in sustainable development, identify existing problems and reveal future development prospects. The conducted analyses show that the digitalization of energy systems, the establishment of smart grids, the improvement of energy storage technologies and the strengthening of public-private partnerships play an important role in the expansion of the renewable energy sector.

In conclusion, it is noted that the widespread use of renewable energy sources is a necessary requirement of the modern era for ensuring long-term ecological stability, efficient use of resources

and increasing social welfare. Deepening scientific research in this direction and the application of innovative technologies further expand the development prospects of the sector.

Keywords: *Renewable energy, sustainable development, energy security, carbon emissions, smart grids*

РЕЗЮМЕ

Сабина Зейналова

РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ

В современную эпоху стремительно растущий глобальный спрос на энергию, истощение традиционных энергетических ресурсов и обострение экологических проблем побудили человечество искать новые подходы к энергоснабжению. В этом контексте возобновляемые источники энергии – солнечная, ветровая, гидро-, био- и геотермальная – стали одним из основных стратегических факторов обеспечения устойчивого развития. Эти источники отличаются неисчерпаемостью, экологичностью, значительным сокращением выбросов углерода и вкладом в энергетическую безопасность.

В статье подробно анализируются экономические, экологические и технологические преимущества систем возобновляемой энергетики. Применение возобновляемой энергетики создаёт условия для защиты окружающей среды, снижения последствий изменения климата и минимизации энергетической зависимости стран. Переход к зелёной энергетике, особенно в странах с большим потенциалом солнечной и ветровой энергии, таких как Азербайджан, способствует диверсификации экономики и создаёт благоприятные возможности для модели «зелёного развития».

Усугубление экологических проблем в мире тесно связано с производством энергии. Сжигание ископаемого топлива приводит к выбросам углекислого газа в атмосферу, что ускоряет глобальное потепление. По данным ООН, на энергетический сектор приходится около 73% мировых выбросов углерода. В этом смысле «зелёная» энергетика вносит значительный вклад в сокращение углеродного следа. С экономической точки зрения, «зелёная» энергетика снижает зависимость от ресурсов в долгосрочной перспективе и укрепляет энергетическую безопасность.

Цель исследования — продемонстрировать роль возобновляемых источников энергии в устойчивом развитии, выявить существующие проблемы и раскрыть перспективы развития. Проведенный анализ показывает, что цифровизация энергетических систем, создание интеллектуальных сетей, совершенствование технологий накопления энергии и укрепление государственно-частного партнерства играют важную роль в развитии сектора возобновляемой энергетики. В заключение отмечается, что широкое использование возобновляемых источников энергии является необходимым условием современной эпохи для обеспечения долгосрочной экологической стабильности, эффективного использования ресурсов и повышения общественного благосостояния. Углубление научных исследований в этом направлении и применение инновационных технологий дополнительно расширяют перспективы развития отрасли.

Ключевые слова: *Возобновляемая энергетика, устойчивое развитие, энергетическая безопасность, выбросы углерода, интеллектуальные сети*

ASPE VƏ PVX QARIŞIĞI ƏSASINDA MODİFİKASIYA EDİLƏRƏK DOLDURULMUŞ POLİMER KOMPOZİSİYASI

**MÜBARİZ MƏNƏFOV
SƏNƏM XƏLİLOVA
GÜLMİRƏ İSMAYILOVA
SƏBİNƏ SALAHOVA**
khalilova.leyla@inbox.ru

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Polimer Materialları İnstitutu, Sumqayıt, Azərbaycan*

XÜLASƏ

Aşağı sıxlıqlı polietilen və polivinilxlorid əsasında hazırlanmış kompozisiyalara appret olaraq heksen-1 ilə akril turşusunun birgə polimerinin iştirakının və doldurucunun təsiri tədqiq edilmişdir. Polimer kompozitlərin xassələri mətrisin quruluşundan, doldurucunun dispersliyindən və miqdarından, appretin iştirakı ilə fazaların ayrılma sərhədindəki qarşılıqlı təsirdən asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, hazırlanmış kompozisiyaların tərkibinə 3 kütlə% appret daxil etdikdə alınan kompozitlərin möhkəmlik həddi yüksəlir. Optimal şərait və nisbətlər pozulduqda alınan kompozitlərin istismar xassələrinin keyfiyyəti azalır.

Açar sözlər: *Aşağı sıxlıqlı polietilen, polivinilxlorid, doldurucu, uyuşma, Gədəbəydən yatağı mənzəli süxur, ərintinin axıcılıq göstəricisi, nisbi uzanma*

Hazırda, ətraf mühitin çirkləndirən zəhərli sənaye və məişət tullantılarının zərərsizləşdirilməsi mühüm bəşəri problemlərdəndir.

Bu problemin həllində tullantıların təkrar emalından polimer kompozisiyaların alınması və istifadəsi ekoloji baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Doldurucunun inşaatda istifadə edilən plastik kütlələrin xassələrinə təsiri çoxtərəflidir. Onlar polimerin xassələrinin müxtəlif istiqamətlərdə dəyişə bilər, eyni zamanda doldurulmuş plastik kütlələrin bərkliyinə, möhkəmliyinə, sürtünmə qüvvəsinə qarşı davamlılığına, geoloji və termomexaniki xassələrinə təsir edir. Bu baxımdan mətris olaraq polimer qarışıqlarından istifadə olunması polimer kompozisiya materialların alınmasında materialşünaslığın aktual problemlərindəndir. Əksər hallarda polimerlərin bir-biri ilə zəif uyğunluğu (uyuşma) səbəbindən alınmış polimer materiallarının fiziki-mexaniki xassələri homopolimer əsasında alınmışların həmin xassələrindən xeyli aşağı olur. Məhz buna görə qarışıqda polimerlər arasındakı uyğunluğu yaxşılaşdırmaq üçün funksional əlaqələndiricilərin vasitəsi ilə modifikasiyasından geniş istifadə olunur.

Tullantılardan və təkrar xammallardan istifadə nəticəsində ətraf mühiti çirkləndirilən amillər azalır. İstər iqtisadi, istərsə də ekoloji baxımdan aktual olan bir sıra problemlər məhz bu yolla bir-birini tamamlayır və həll olunur. Bu cür tullantılardan effektiv istifadə etməklə istehsal fəaliyyətinin həyata keçirilməsi nəticəsində təbiətin dəyişməsi, onun sağlamlaşdırılması baş verir.

Sənayenin tullantıları müxtəlif məhsullar yaratmaq üçün istifadə oluna bilən qiymətli mənbədir. Təkrar emal edilmiş materiallardan enerji mənbələrinə qədər sənaye tullantıları istehlakçılara satıla bilən müxtəlif məhsullar yaratmaq üçün istifadə edilə bilər.

Ətraf mühiti çirkləndirən tullantılar içərisində sənaye sahələrinin bərk tullantıları xüsusi yer tutur. Onlar yer səthində daha çox yayılaraq yararlı torpaq sahələrini azaltmaqla həllini gözləyən ekoloji problemlər yaradırlar. Sənayenin inkişafı ilə belə tullantıların ilkin mənbələri də genişlənir. Hər il geoloji-kəşfiyyat və faydalı qazıntıların istismarı və emalı zamanı ətraf mühitə külli miqdarda bərk tullantılar atılır. Bu qədər tullantının yalnız 10% təkrar istifadə olunur, qalanları isə ətraf mühiti çirkləndirən mənbələrə çevrilirlər. Digər tərəfdən həmin tullantıların tərkibində olan qiymətli komponentlər fayda vermədən tullantıya çevrilirlər. Kəşfiyyat xəndəklərinin doldurulmaması ilə torpaq eroziyasının yaranmasına səbəb olur. Dərin qazılmış xəndəklər yeraltı suların səviyyəsinin dəyişməsinə təsir göstərir. Bu isə ətraf mühitin ekoloji sabilliyinə mənfi təsir göstərir.

Təqdim olunan bu işdə üç polimer sistemdən istifadə olunmuş və hər kəs üç sistemlə müxtəlif nisbətlərdə kompozisiyalar, hazırlanmış və eyni kütlə% nisbətlərdə nümunələr götürülmüş və onların fiziki-mexaniki göstəriciləri təyin edilmişdir.

Kompozitlərin hazırlanmasında məlum qarışdırıcı vərdəndən istifadə edilmişdir. Bu məqsədlə götürülən polimerlərə uyğun temperatur və təzyiq seçilir.

Alınan lövhələr vərdəndən və presdən sonra standart uyğun formada kəsilir və kompozitlərin fiziki-mexaniki xassələri təyin edilir.

Polimer qarışıqlarla xammalın miqdarına qənaət etməklə, istifadə olunan polimerlərin bir sıra xassələrinin yüksəlməsi onların bir-birinə uyuşması müşahidə olunmuşdur.

Bununla da aldığımız nəticələri qənaətbəxş hesab etmək olar. Aldığımız kompozitlərin yüksək göstəriciləri yüksək bu yolla iştirak edən polimer qarışıqların bir-birinə uyuşması, tam qablaşdırılması ilə sinergik effektin əmələ gəlməsində əsas amil sayılır.

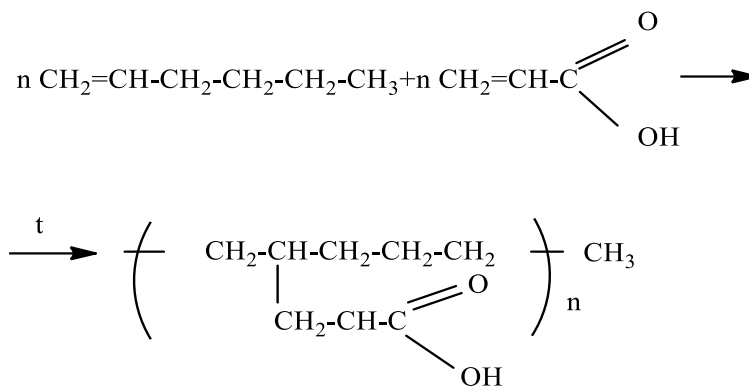
Aşağı sıxlıqlı polietilen (ASPE) və polivinilxlorid (PVX) qarışığından mətris, Gədəbəy yatağı mənşəli süxurdan doldurucu kimi istifadə etməklə alınan polimer kompozisiya materiallarının (PKM) fiziki-mexaniki xassələri öyrənilmişdir. ASPE və polivinilxloridin qarışma qabiliyyətini yaxşılaşdırmaq üçün heksen-1ilə akril turşusunun birgə sopolimerindən appret olaraq istifadə edilmişdir.

Polimer kompozisiyaların hazırlanmasında müxtəlif nisbətlərdə ASPE, PVX və Gədəbəy yatağı mənşəli mineral doldurucu istifadə edilmişdir. Alınmış PKM-lərin fiziki-mexaniki xassələri aşağıdakı cədvəldə göstərilmişdir.

Göstərilən doldurucunun tərkibində mineralın əsas tərkib hissəsini α -kvars 60-46% təşkil edir.

İstifadə olunan bu appret məlum üsullarla laboratoriyada sintez edilmişdir.

Alınan appretin alınmasının sxematik quruluşu aşağıdakı kimidir.



Kompozisiyanın fiziki-mexaniki göstəriciləri (appretsiz)

Kompozitin tərkibi	Dartılma qüvvəsi MPa	Nisbi uzanma, ε, %	ΘAG
PE-PVX-dol-70-15-15%	12,0	29	0,94
PE-PVX-dol-50-25-25%	13,0	17	0,61
PE-PVX-dol-30-35-15%	13.6	9	0,13

Appretlə

Kompozitin tərkibi	Dartılma qüvvəsi MPa	Nisbi uzanma, ε, %	ΘAG
PE- PVX- dol-70-12-15% appret-3%	13,2	31	0.78
PE- PVX -Dol-50-22-25% appret-3%	14,6	33	0,52
PE- PVX- Dol-30-32-35% appret-3%	15,8	35	0,11

Cədvəldən göründüyü kimi appretsiz nümunələrdə göstərilən qiymətlər $\sigma=12,0-13,6$ MPa arasında dəyişdiyi halda, appret iştirak etdiyi nümunələrdə bu göstərici $\sigma=13,2-15,8$ MPa intervalında dəyişmişdir. Nisbi uzanma isə appretsiz nümunələrdə 29-9 % intervalında dəyişdiyi halda, appret iştirak etdiyi nümunələrdə nisbi uzanma artaraq 31-35 % aralığında dəyişir.

Doldurucunun miqdarını 70küt%-dən çox artırıqda nümunələrdə kövrəklik xassiyəti baş verir, nəticədə möhkəmlik həddinin qiyməti aşağı düşür. Eyni tərkibli kompozisiyalarda appretin iştirakı ilə alınan nəticələr daha yüksək olmuşdur.

Əldə edilmiş nəticələr əsasında ASPE, PVX, doldurucu qarışıqlarının modifikasiyası yolu ilə yüksək istismar xassələrinə malik müxtəlif təyinatlı polimer kompozisiya materialları alınmışdır. Alınmış polimer kompozisiyalar iqtisadi cəhətdən ucuz başa gəlir və sənaye texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Каблов, В.Ф, Новопольцева, О.М. «Смеси полимеров», Волгоград, ГТУ, 2018, с.142. (in Russian)
2. Cəfərov, V.C., Bektaş, S.Ə., Xəlilova, S.M., Babayeva, G.R., Quliyeva, G.N. //Xarici və sərt mühitinə davamlı PK-ların yaradılması// Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, 2019. №2, s. 77-82
3. Лиманова, Н.М., Попова, Е.С., Ледиева, О.А., Попов, А.А. «Свойства смесей полипропилен-полиэтилен низкой плотности и фазовая структура компонентов», Высокомолекулярные соединения, Серия А, 1998, том 40, №1, с.51-57
4. Смещение полимеров/ Богданов В.В., Торнер Р.В., Красовский В.Н., Петер СЭ. О.-Л.: Химия, 1979-192 с.
5. Cəfərov, V.C., Bayramov, D.N., Sharifov, Q.S., Azadəliyeva, G.N. - Polietilen Atkılardan construction kompozisiya materialları, XIV ulusal kimya konfresi, Türkiye, Diyarbakir Desle Üniversitesi 2000, 10-15 Eylül, GK-57, s. 11
6. Cəfərov, V.C., Rəcəbova, M.C., Alxanov, P.Ş, Mənəfov, M.Ə, Musayeva, G.H. // İstifadə olunmuş aşağı sıxlıqlı polietilenin utilləşdirilməsi ilə polimer kompozitlərin alınması// Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, 2018, №4, s.77-81

SUMMARY

The effect of filler on the compositions prepared on the basis of low-density polyethylene and polyvinyl chloride was studied using a copolymer of hexene-1 with acrylic acid as a filler. The properties of polymer composites depend on the structure of the matrix, the dispersion and amount of filler, and the interaction of phases at the separation boundary with the presence of the filler. When 3% by weight of the filler is included in the composition of the prepared compositions, the strength limit of the obtained composites increases. When the optimal conditions and proportions are violated, the quality of the operational properties of the obtained composites decreases.

Keywords: Low-density polyethylene, polyvinyl chloride, filler, compatibility, packaging, rock from Gadabay, melt flow index, relative elongation

РЕЗЮМЕ

Изучено влияние наполнителя в присутствии сополимера гексена-1 и акриловой кислоты в качестве аппрета на композиции, полученные на основе полиэтилена низкой плотности и поливинилхлорида. Свойства полимерных композитов зависят от структуры матрицы, дисперсности и количества наполнителя, а также взаимодействия фаз на границе раздела в присутствии аппрета. При добавлении 3 мас.% аппрета в состав приготовленных композиций предел прочности полученных композитов увеличивается. При нарушении оптимальных условий и пропорций качество эксплуатационных свойств полученных композитов снижается.

Ключевые слова: Полиэтилен низкого давления, поливинилхлорид, наполнитель, совместимость, порода Гедабейского месторождения, показатель текучести расплава, относительное удлинение

**W/KN-4/Al₂O₃ KOMPOZİT KATALİZATORUN
İŞTİRAKI İLƏ KATALİTİK KREKİNG QAZLARININ
DEHİDROTSİKLOOLİQOMERLƏŞMƏSİ**

SÜRİYƏ AĞAYEVA

a.s1951@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9964-5295>

SEVİN HACİZADƏ

seva_qadji@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0005-3870-098X>

ŞƏHLA TAĞIYEVA

tshaxla@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-4913-3907>

ZÜLFİYYƏ İSMAİLOVA

z.r.ismayilova1981@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-3189-3459>

**ÜLVİYYƏ KƏRİMOVA-
CƏFƏROVA**

ujapharova@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3880-4157>

TÜNZALƏ AĞAYEVA

tuna_002@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0000-1806-1811>

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Neft Kimya Prosesləri İnstitutu, Bakı, Azərbaycan*

Məlum olduğu kimi, neft kimyasının əsas vəzifəsi karbon-karbon və karbon-hidrogen rabitələrinin yenidən yerdəyişməsi nəticəsində reaksiyaya daxil olan xammalın molekullarının kimyəvi çevrilməsinə əsaslanaraq, məqsədli məhsulların alınmasıdır. Perspektiv istiqamətlərdən biri də aromatik karbohidrogenlərin istehsalıdır. Hal-hazırda Cyclar (UOP) sənaye qurğularında Ga modifikasiya olunmuş ZSM-5 və L-seolitlərin üzərində, həmçinin Çində Arofin (Lurgi) texnologiyası əsasında Zn/ZSM-5 katalizatorun iştirakı ilə C₃-C₄ fraksiyaların aromatləşməsi prosesləri həyata keçirilir (1, 2).

Katalitik krekinq qurğusunda alınan yüngül qazların tərkibində aşağı molekul kütləli alkan və alkenlər mövcuddur və uyğun şəraitdə aromatik karbohidrogenlərə çevrilməsi mümkündür. Sənaye seolit katalizatorların bu prosesə cəlb edilməsi neft emalı zavodlarından alınan qazların emalının dərinliyini artırmağa imkan verir.

Bu məqsədlə, təqdim olunan işdə Heydər Əliyev adına NEZ-nun katalitik krekinq qurğusundan ayrılan qazları katalitik krekinq prosesində istifadə olunan seolit tərkibli KH-4 katalizatorunun üzərində aromatləşmə (DHTO-dehidrotsiklooliqomerləşməsi) prosesi tədqiq edilib.

İlkin xammalın fraksiya tərkibi (% küt.): C₁ -0,39; C₂-5,47; C₃-6,91; C₄-85,2; C₅-2,02 qazlardan ibarətdir. KH-4 katalitik krekinq sənaye katalizatoru volframın (NH₄)₄W₅O₁₇·2,5H₂O duzu ilə modifikasiya edilmişdir. Sintez olunmuş W/KH-4/Al₂O₃ katalizatorun iştirakında, laboratoriya qurğusunda 500-600°C temperaturda, xammalın verilməsinin 500-1000saat⁻¹ həcmi sürətində aromatləşmə prosesi tədqiq olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, T=550 °C, Vh.s.=500 saat⁻¹, P=1atm. şəraitində DHTO prosesi alifatik, aromatik karbohidrogenlərin alınması, koksəmələgəlmə və hidrogenin alınması ilə müşayiət olunmuşdur. W/KN-4/Al₂O₃ katalizatoru üzərində ilkin xammalın konversiyası 71,8%, BTK fraksiyasına görə çıxım 56% küt., seçicilik 78,1%, hidrogenin çıxımı isə 6% təşkil etmişdir. W/KH-4/Al₂O₃ katalizatorun üzərində 2,5 % yüksəkmolekullu karbohidrogen çöküntülərinin çıxımı 2%-ə bərabər olmuşdur.

Göstərilmişdir ki, karbohidrogenlərin ilkin aktivasiyası turşu mərkəzlərində, alınan aralıq intermediatların sonrakı C-C əlaqələrinin alınması və paylanması seolitin mikroməsaməli quruluşu ilə məhdudlaşır. W/KH-4/Al₂O₃ katalizatorun İQ spektroskopik və TQ analizləri aparılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Shvets, V.F., V.N.Sapunov, Kozlovskii, R.A. Aromatization of propane-butane fraction over the Zn, Cr/HZSM-5catalyst: Kinetic modeling of the process, Petroleum Chemistry, 2015, 55, pp.632-639
2. Patent CN 114426447 A/2024, Xu Feng, Lu Jiangang, Wu Sheng, Wang Di et all. Process for producing aromatic hydrocarbon by using alkane rich in carbon, four carbon and five carbon as raw material

YUSİF MƏMMƏDƏLİYEVİN KATALİZ NƏZƏRİYYƏSİNİN MÜASİR NEFT KİMYASINDA TƏTBİQLƏRİ

ŞAHMURAD RÜSTƏMOV

Shahmuradrustamov58@gmail.com

0009-0003-5716-3935

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

Açar sözlər: *kataliz, hidrokarbohidrogenlər, neft fraksiyalarının çevrilməsi, neft-kimya sənayesi, nanokataliz*

Yusif H. Məmmədliyev XX əsrdə Azərbaycan elminin ən görkəmli nümayəndələrindən biri kimi tanınır və neft-kimya elminin inkişafında mühüm rol oynamışdır. O, sovet dövründə petrokimyəvi proseslərin katalitik əsaslarla işlənməsi istiqamətində geniş araşdırmalar aparmış, neft xammalının daha səmərəli emalı üçün nəzəri və praktiki təməllər yaratmışdır. Alimin elmi fəaliyyəti, əsasən, katalitik xlorlaşdırma, bromlaşdırma, aromatlaşdırma və alkiləşdirmə kimi mühüm proseslərin sənaye miqyasında tətbiqinə yönəlmişdir. Bu tədqiqatlar nəticəsində yüksək oktanlı yanacaq komponentləri, keyfiyyətli yağlayıcılar və təbii qazdan alınan müxtəlif üzvi maddələrin istehsalı mümkün olmuşdur. Məmmədliyev katalizi yalnız reaksiya sürətinə təsir edən bir amil kimi deyil, həm də reaksiya istiqamətini, məhsulun keyfiyyətini və enerji səmərəliliyini müəyyən edən əsas faktor kimi qiymətləndirmişdir. O, katalizator səthində aktiv mərkəzlərin formalaşması, bu mərkəzlərdə baş verən adsorbsiya və desorbsiya proseslərinin mexanizmini araşdırmış, nəticədə katalitik reaksiyaların energetikasına yeni baxış gətirmişdir. Bu yanaşma sayəsində müxtəlif hidrokarbohidrogenlərin çevrilməsi zamanı reaksiyanın kinetik xüsusiyyətlərini proqnozlaşdırmaq mümkün olmuşdur.

Alim, həmçinin o dövrdə az istifadə olunan neft fraksiyalarının effektiv çevrilməsi üzərində dayanmış və göstərmişdir ki, uyğun katalizator və optimal şərait seçildikdə bu fraksiyalardan yüksək keyfiyyətli benzin və kimyəvi sintez üçün vacib ara məhsullar əldə etmək mümkündür (1). Bu ideya Azərbaycanın zəngin neft ehtiyatlarının elmi dəyərini bütün dünyaya nümayiş etdirmişdir.

Müasir dövrdə neft-kimya sənayesində aparılan tədqiqatlar da Məmmədliyəvin nəzəri prinsiplərinə əsaslanır. Xüsusilə nanokataliz sahəsində aparılan işlər onun katalitik aktivlik və seçicilik anlayışlarına yeni texnoloji istiqamət qazandırmışdır. Bu baxımdan, onun elmi irsi bu gün də enerjiyə qənaətli və ekoloji cəhətdən dayanıqlı istehsal proseslərinin formalaşmasına təkan verir.

Bu yanaşma həm elmi, həm də iqtisadi baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb etmiş, Azərbaycan neftinin beynəlxalq elmi və sənaye dəyərini artırmışdır. Müasir dövrdə onun qoyduğu elmi baza nanokataliz, qazdan maye yanacaqların sintezi və neft fraksiyalarının çevrilməsi kimi istiqamətlərdə öz tətbiqini tapmaqdadır. Məmmədliyəvin kataliz nəzəriyyəsi bu gün də enerji səmərəliliyinin artırılması və ekoloji cəhətdən təmiz kimya proseslərinin formalaşdırılmasında aktual qalır. Onun irsi müasir elmin inkişafına istiqamət verən mühüm elmi dayaqlardan biri kimi dəyərləndirilir (4).

Bu mövzunun araşdırılmasının əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, neft-kimya sənayesi durmadan yenilənən və rəqabətə açıq bir sahədir. Burada həm xammaldan daha səmərəli

istifadə olunması, həm də ekoloji və enerji baxımından qənaətcillik tələb olunur. Kataliz isə bu problemlərin həllində əsas vasitədir. Yusif Məmmədaliyevin elmi işləri yalnız öz dövrü üçün deyil, bu gün də sənayedə tətbiq olunan proseslərin təməl prinsiplərini formalaşdırır. Onun yanaşması göstərir ki, kataliz sadəcə proseslərin sürətləndirilməsi deyil, həm də məhsulun seçiciliyinə, keyfiyyətinə və iqtisadi dəyərinə nəzarəti təmin edən bir sistemdir (3).

Neft emalı zavodlarında tətbiq olunan katalitik krekinq, reforminq, izomerizasiya və dehidrogenləşmə proseslərinin çoxu Məmmədaliyevin irəli sürdüyü nəzəri anlayışlar və laboratoriya araşdırmaları ilə əlaqəlidir. Xüsusilə aromatik karbohidrogenlərin alınması sahəsində əldə olunan nəticələr Azərbaycanda yüksək oktanlı yanacağın istehsalına güclü təsir göstərmişdir. Bu gün katalizatorların hazırlanmasında nanohissəciklərin tətbiqi və səth aktiv mərkəzlərinin idarə edilməsi kimi yeni istiqamətlər yaransa da, elmi baza eyni olaraq qalır (2).

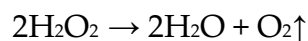
Bu səbəbdən də onun elmi irsinin öyrənilməsi yalnız tarixi baxımdan yox, həm də müasir sənaye proseslərinin optimallaşdırılması üçün praktik əhəmiyyət daşıyır. Neft-kimya sənayesində gedən proseslərin böyük bir hissəsi kataliz hadisəsinə əsaslanır. Çünki çox vaxt neft tərkibli maddələrin öz-özünə çevrilməsi ya çox ləng gedir, ya da istənilən nəticəni vermir. Katalizatorların tətbiqi isə həm reaksiyanın sürətini artırır, həm də məhsulun keyfiyyətinə nəzarət etməyə imkan verir. Neft tərkibində olan hidrokarbohidrogenlər müxtəlif quruluşlara malikdir və onların çevrilməsi zamanı reaksiyanın hansı istiqamətdə gedəcəyi istifadə olunan katalizatorun növündən asılı olur.

Neft emalı prosesində xammal birbaşa istifadə olunmur, əvvəlcə o, müxtəlif qaynama temperaturuna görə bölünür. Bu mərhələ neft fraksiyalarının çevrilməsi adlanır. Hər bir fraksiya müəyyən katalitik proseslərə uyğunlaşdırılır. Məsələn, yüngül fraksiyalar daha çox benzin alınmasında, ağır fraksiyalar isə yağlayıcı maddələrin və ya aromatik birləşmələrin sintezində istifadə edilir. Əgər katalizator düzgün seçilərsə, həmin fraksiyalardan daha yüksək keyfiyyətli və iqtisadi baxımdan dəyərli məhsullar hazırlanır (6).

Təcrübi hissə və nəticələrin müzakirəsi:

Son illərdə kataliz sahəsində nanokataliz xüsusi yer tutur. Nanohissəcik ölçüsündə olan katalizatorlar səthinin aktivliyi daha yüksək olduğundan reaksiya daha effektiv gedir. Bu həm məhsulun çıxımını artırır, həm də enerji sərfiyyatını azaldır. Məhz buna görə müasir tədqiqat laboratoriyalarında katalizatorların səth quruluşunun dəyişdirilməsi və aktiv mərkəzlərin idarə olunması əsas tədqiqat istiqamətlərindən biridir. Beləliklə, kataliz neft-kimya sənayesində sadəcə kimyəvi proses deyil, həm də məhsulun keyfiyyətini, sənaye xərclərini və istehsal texnologiyalarını formalaşdıran əsas amildir.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, neft-kimya sənayesində kataliz prosesləri reaksiyaların sürətinə və istiqamətinə ciddi təsir göstərir. Katalizator seçimi həm məhsulun çıxımına, həm də maddələrin çevrilmə mexanizminə təsir edir. Bu prinsipi daha yaxşı anlamaq üçün sadə, lakin məzmun baxımından aydın olan bir laboratoriya modeli üzərində katalizatorların təsiri müşahidə oluna bilər. Bu məqsədlə hidrogen peroksidin (H_2O_2) parçalanması reaksiyası ilə 3 fərqli katalizatorun təsiri öyrənilmişdir, nəticələr Cədvəl 1-də göstərilmişdir.



İstifadə olunan katalizatorlar: MnO_2 , $FeCl_3$, $CuSO_4$

Cədvəl 1

Müxtəlif katalizatorların hidrogen peroksidin parçalanma sürətinə nəzəri təsiri

Katalizator	Təxmini reaksiya müddəti (s)	Oksigen ayrılması (ml)	Reaksiya sürəti (ml/s)	Ümumi qiymətləndirmə
MnO ₂	20	18	0.9	Yüksək
FeCl ₃	40	15	0.375	Orta
CuSO ₄	60	12	0.2	Aşağı
Nəzarət	120	5	0.042	Aktivlik yoxdur

Aparılan nəzəri müşahidələr göstərdi ki, istifadə olunan katalizatorlar hidrogen peroksidin (H₂O₂) parçalanma sürətinə müxtəlif dərəcədə təsir göstərir. Ən yüksək aktivlik margan(IV)-oksid (MnO₂) katalizatorunda qeydə alınmışdır. Bu halda reaksiya təxminən 20 saniyə ərzində başa çatmış, ayrılan oksigenin həcmi təqribən 18 ml, nəzəri hesablamağa əsasən sürət isə 0.9 ml/s olmuşdur. MnO₂-nin yüksək aktivliyi onun səthində çoxlu sayda aktiv mərkəzlərin mövcudluğu və aktivləşmə enerjisini minimuma endirmə qabiliyyəti ilə izah olunur. Dəmir(III)-xlorid (FeCl₃) katalizatoru ilə aparılan reaksiyada oksigenin ayrılması nisbətən zəif müşahidə olunmuşdur. Reaksiya müddəti orta hesabla 40 saniyə, oksigen həcmi 15 ml, sürət isə 0.375 ml/s təşkil etmişdir. Bu nəticə Fe³⁺ ionlarının katalitik xüsusiyyətlərə malik olmasına baxmayaraq, səthdə əmələ gələn komplekslərin aktivliyinin MnO₂ qədər yüksək olmaması ilə əlaqələndirilə bilər. Mis(II)-sulfat (CuSO₄) istifadə edildikdə reaksiya daha ləng getmişdir. Təxminən 60 saniyə ərzində 12 ml oksigen ayrılmış, reaksiya sürəti isə 0.2 ml/s olmuşdur. Bu, Cu²⁺ ionlarının katalitik təsirinin zəif olması və reaksiyanın əsasən homojen mühitdə getməsi ilə bağlıdır (8).

Katalizatorsuz sistemdə (nəzarət nümunəsi) hidrogen peroksidin parçalanması çox yavaş getmiş, 120 saniyəyə cəmi 5 ml oksigen ayrılmışdır. Bu isə katalizatorun reaksiyanın sürətini artırmaqda nə qədər mühüm rol oynadığını bir daha təsdiqləyir.

Ümumilikdə, aparılan müşahidə və təhlillər göstərir ki, katalizatorun tərkibi, səth sahəsi və aktiv mərkəzlərinin sayı reaksiya kinetikasına birbaşa təsir göstərir. Müxtəlif katalizatorların müqayisəli nəticələri onların aktivlik dərəcələrinin bu amillərlə sıx bağlı olduğunu sübut edir. Bu faktlar Yusif Məmmədaliyevin kataliz nəzəriyyəsinin əsas prinsipləri ilə üst-üstə düşür və onun elmi baxışlarının müasir neft-kimya sənayesində aktuallığını bir daha təsdiqləyir (4) Məmmədaliyevin fikrincə, katalitik proseslərin mahiyyəti katalizator səthində aktiv komplekslərin əmələ gəlmə mexanizmi ilə izah olunur. Hazırkı eksperimental nəticələr də məhz bu mexanizmin reaksiya sürətinə və məhsuldarlığa təsirini praktik olaraq nümayiş etdirir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev, Ə., Məmmədov, R. Azərbaycan neft-kimya elminin inkişaf tarixi. Bakı: 2010. "Elm" nəşriyyatı
2. Əliyev, M.M. Neft-kimya prosesləri və kataliz. Bakı: 2008, BDU nəşriyyatı
3. Əliyeva, F.A. Katalitik reaksiyaların mexanizmləri. Bakı: 2016. "Təhsil" nəşriyyatı
4. Həsənov, M. M. (2009). Neft-kimya proseslərinin əsasları. Bakı: BDU nəşriyyatı

5. Mammadaliyev, Y.H. adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu. İllik hesabat və elmi tədqiqat istiqamətləri. Bakı: 2022, "İKPI" nəşri
6. Rustamov, N.R. Petrokimyanın əsasları. Bakı: 2013. "Neft-qaz" nəşriyyatı
7. Долматов, В.Ю. (2001). Нефтехимические процессы и катализаторы. Санкт-Петербург: Химия
8. Ершов, В.В. (2015). "Современные подходы к проектированию нанокатализаторов для нефтехимических реакций". Журнал физической химии, Т. 89, №4, с. 623-629

SUMMARY

Shahmurad Rustamov

APPLICATIONS OF YUSIF MAMMADALIEV'S CATALYSIS THEORY IN MODERN PETROCHEMISTRY

Yusif H. Mammadaliyev is known as one of the most prominent representatives of Azerbaijani science in the 20th century and played an important role in the development of petrochemical science. During the Soviet period, he conducted extensive research on the development of petrochemical processes on a catalytic basis, creating theoretical and practical foundations for more efficient processing of oil raw materials. The scientist's scientific activity was mainly focused on the industrial application of important processes such as catalytic chlorination, bromination, aromatization and alkylation. As a result of these studies, it became possible to produce high-octane fuel components, high-quality lubricants and various organic substances obtained from natural gas. Mammadaliyev evaluated catalysis not only as a factor affecting the reaction rate, but also as a key factor determining the direction of the reaction, product quality and energy efficiency. He studied the formation of active centers on the catalyst surface, the mechanism of adsorption and desorption processes occurring in these centers, and as a result brought a new view of the energetics of catalytic reactions. Thanks to this approach, it was possible to predict the kinetic properties of the reaction during the conversion of various hydrocarbons. The scientist also focused on the effective conversion of petroleum fractions, which were little used at that time, and showed that, when the appropriate catalyst and optimal conditions are selected, it is possible to obtain high-quality gasoline and important intermediate products for chemical synthesis from these fractions. This idea demonstrated the scientific value of Azerbaijan's rich oil reserves to the whole world.

Modern research in the petrochemical industry is also based on Mammadaliyev's theoretical principles. In particular, work in the field of nanocatalysis has given a new technological direction to his concepts of catalytic activity and selectivity. In this regard, his scientific heritage continues to inspire the development of energy-efficient and environmentally sustainable production processes. This approach has gained great importance both scientifically and economically, and has increased the international scientific and industrial value of Azerbaijani oil. In modern times, the scientific basis he laid finds its application in areas such as nanocatalysis, the synthesis of gas-to-liquid fuels, and the conversion of oil fractions. Mammadaliyev's theory of catalysis remains relevant today in increasing energy efficiency and developing environmentally friendly chemical processes. His heritage is valued as one of the important scientific pillars guiding the development of modern science.

Keywords: catalysis, hydrocarbons, conversion of petroleum fractions, petrochemical industry, nanocatalysis

РЕЗЮМЕ

Шахмурад Рустамов

ПРИЛОЖЕНИЕ ТЕОРИИ КАТАЛИЗА ЮСИФА МАМЕДАЛИЕВА В СОВРЕМЕННОЙ НЕФТЕХИМИИ

Юсиф Г. Мамедалиев – один из виднейших представителей азербайджанской науки XX века, сыгравший важную роль в развитии нефтехимической науки. В советский период он провёл масштабные исследования по разработке нефтехимических процессов на каталитической основе, создал теоретические и практические основы более эффективной переработки нефтяного сырья. Научная деятельность ученого была в основном сосредоточена на промышленном применении таких важных процессов, как каталитическое хлорирование, бромирование, ароматизация и алкилирование. В результате этих исследований стало возможным получать из природного газа высокооктановые компоненты топлива, высококачественные смазочные материалы и различные органические вещества. Мамедалиев оценивал катализ не только как фактор, влияющий на скорость реакции, но и как ключевой фактор, определяющий направление реакции, качество продукта и энергоэффективность. Он изучал образование активных центров на поверхности катализатора, механизм адсорбционных и десорбционных процессов, происходящих на этих центрах, и в результате выдвинул новое представление об энергетике каталитических реакций. Благодаря такому подходу стало возможным прогнозировать кинетические свойства реакции при превращении различных углеводородов.

Ученый также уделил внимание эффективной переработке малоиспользуемых в то время нефтяных фракций и показал, что при подборе соответствующего катализатора и оптимальных условий из этих фракций можно получать высококачественный бензин и важные промежуточные продукты для химического синтеза. Эта идея продемонстрировала всему миру научную ценность богатых нефтяных запасов Азербайджана.

Современные исследования в нефтехимической промышленности также основаны на теоретических принципах Мамедалиева. В частности, работы в области нанокатализа придали новое технологическое направление его концепциям каталитической активности и селективности. В связи с этим его научное наследие продолжает вдохновлять разработку энергоэффективных и экологически устойчивых производственных процессов. Этот подход приобрёл большое значение как с научной, так и с экономической точки зрения, повысив международную научную и промышленную ценность азербайджанской нефти. В наше время заложенная им научная основа находит применение в таких областях, как нанокатализ, синтез газожидкостных топлив и переработка нефтяных фракций. Теория катализа Мамедалиева и сегодня актуальна для повышения энергоэффективности и создания экологически чистых химических процессов. Его наследие ценится как один из важных научных столпов, направляющих развитие современной науки.

Ключевые слова: катализ, углеводороды, конверсия нефтяных фракций, нефтехимическая промышленность, нанокатализ

2000-2025-Cİ İLLƏRDƏ MÜŞAHİDƏ EDİLƏN 70 KOMETİN PARLAQLIQ ƏYRİLƏRİ

ÜLVİYYƏ POLADOVA

ulviyye_laman@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0006-4710-7317>

Bakı Biznes Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu tədqiqat komet parıltılarının aşkarlanması və tədqiqinə həsr olunmuşdur. Tədqiqat materialı kimi 2000-ci ildən etibarən müşahidə olunan 70 uzun periodlu və periodik komet seçilmişdir. Parıltıların kəmiyyətə müəyyən edilməsi məqsədilə əvvəlki araşdırmalarımızda irəli sürülmüş xüsusi analitik formul tətbiq olunmuşdur.

Tədqiqatın əsas məqsədi parıltı aktivliyi göstərən kometlərin kataloqunu genişləndirmək və parıltıların yaranma səbəblərini daha dəqiq müəyyən etməkdir. Hazırlanacaq kataloq komet parıltılarının təsnifatını, onların əmələ gəlməsində rol oynayan fiziki proseslərin sistemləşdirilməsini və müşahidə olunan qanunauyğunluqların aşkarlanmasını mümkün edəcək.

Eyni zamanda, əldə edilən nəticələr komet aktivliyinin proqnozlaşdırılmasında istifadə olunan modellərin təkmilləşdirilməsinə də mühüm töhfə verəcək. Aparılan hesablamalar nəticəsində formulun əsas parametrləri arasında statistik baxımdan əhəmiyyətli korrelyasiya əlaqələri müəyyən edilmişdir ki, bu da komet aktivliyini tənzimləyən mexanizmlər haqqında əlavə məlumat əldə etməyə imkan yaradır.

Açar sözlər: komet, komet parıltıları, korrelyasiya

Giriş

Komet parıltıları, yəni kometlərdə ani parlaqlıq artımları, onların fiziki təbiətinin və təkamül proseslərinin anlaşılmasında mühüm rol oynayır. Bu səbəbdən astronomlar uzun müddətdir komet parıltılarının səbəblərini araşdırır və bu hadisələrin yaranma mexanizmlərini müəyyən etməyə çalışırlar. Komet parıltılarının ilk etibarlı müşahidələri XX əsrin ortalarına təsadüf edir və sonrakı dövrlərdə bir sıra tədqiqatçılar yüz ildən artıq müşahidə məlumatları əsasında müxtəlif kometlər üçün inteqral parlaqlıq əyriləri yaratmışlar. Bu əyrilərdə bəzən kometlərin parlaqlığı bir neçə ulduz ölçüsü qədər artır, bu isə S.V. Orlov tərəfindən təqdim edilmiş klassik fotometrik formulla izah olunan hamar parlaqlıq əyrisindən əhəmiyyətli şəkildə kənara çıxır.

Elmi ədəbiyyatda komet parıltılarının yaranmasına dair müxtəlif mexanizmlər təklif edilmişdir, lakin onların arasında üç əsas model daha geniş şəkildə öyrənilmişdir. Birinci mexanizm kometin Günəşə yaxınlaşması nəticəsində nüvənin qızması və tərkibindəki uçucu maddələrin intensiv sublimasiyası ilə bağlıdır; bu proses parlaqlıq artımlarına səbəb olur. İkinci mexanizm kometa atmosferində gedən fiziki və kimyəvi proseslər nəticəsində qeyri-stasionar parlaqlıq dəyişmələrini izah edir. Üçüncü mexanizm isə toqquşma mexanizmidir və komet nüvəsinin meteoroid və ya digər kosmik cisimlərlə toqquşması nəticəsində səth qatının açılması və maddə emissiyasının artması ilə bağlıdır.

Toqquşma mexanizminin eksperimental təsdiqi də mövcuddur. Belə ki, 4 iyul 2005-ci ildə NASA-nın **Deep Impact** missiyası çərçivəsində 370 kq-lıq mis impaktoru 9P/Tempel kometasının nüvəsinə 10,3 km/s sürətlə çırpılmışdır. Zərbədən bir neçə saat sonra yerüstü müşahidələr nəticəsində kometanın ümumi parlaqlığının təxminən 1,5 ulduz ölçüsü qədər artdığı qeydə alınmışdır. Bu hadisə toqquşma mexanizminin komet parıltılarının yaranmasında real və əhəmiyyətli rol oynaya biləcəyini göstərir.

Material və metodlar

Təəssüf ki, kometlərin parıltı verməsi haqqında tam və ümumi qəbul olunmuş bir kataloq mövcud deyil. Andriyenko və Vaşenko (1981) tədqiqatlarında 1975-ci ilə qədər müşahidə olunan komet parıltılarını sistemləşdirərək bir araya toplamışlar (3). Lakin həmin dövrdən sonrakı məlumatlar bütöv şəkildə kataloqa salınmamış və ardıcıl şəkildə ümumiləşdirilməmişdir. Aparılan son tədqiqatlarda parıltıların hesablanması əvvəlki işlərimizdə işlənmiş formul əsasında həyata keçirilmişdir. Bundan əlavə, həmin formulun ayrı-ayrı parametrləri arasında statistik cəhətdən əhəmiyyətli korrelyasiyalar müəyyən edilmişdir. Həmçinin yeni komet parlaqlıqlarının müəyyənəşdirilməsi məqsədilə də tərəfimizdən təklif olunmuş düsturdan istifadə etməklə əlavə hesablamalar aparılmışdır. Öldə olunan nəticələrin kometa parlaqlıqlarına dair daha əvvəl tərtib etdiyimiz siyahıya daxil edilməsi nəzərdə tutulur ki, bu da mövcud kataloqun genişləndirilməsinə bilavasitə elmi töhfə verəcəkdir.

Kometlərin parlaqlığının hesablanması üçün təqdim etdiyimiz formula aşağıdakı kimidir:

$$m = k_1 \log r + k_2 \log \Delta + k_3 \log \left(\frac{1}{\cos(\psi)} \right) + k_4 \left[\log \left(\frac{D}{2} \right) \right]^2 + b \quad (1)$$

Burada,

r — kometin Günəşdən olan heliosentrik məsafəsi,

Δ — kometin Yerdən olan geosentrik məsafəsi,

ψ — faza bucağı,

D — ölçməni aparan cihazın aperturasının diametri (apertura düzəlişi),

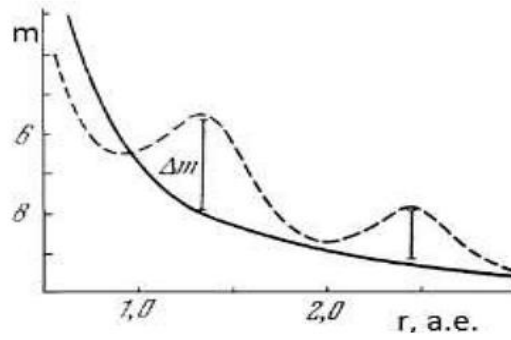
k_1, k_2, k_3, k_4 empirik əmsallardır — ən kiçik kvadratlar metodu ilə təyin edilir,

b — sərbəst həddir.

Beləliklə, r heliosentrik məsafəni, Δ geosentrik məsafəni, ψ faza bucağını, D isə cihazın aperturasının ölçüsünü ifadə edir.

Müşahidə olunan obyektlərin görünən parlaqlığı m ilə ifadə olunur. Statistik təhlil nəticəsində ölçülən parlaqlığın orta qiyməti $\bar{m}$ və onun standart sapması $-\sigma$ müəyyən edilir. Parıltıların aşkarlanması üçün adətən “3 siqma prinsipi” tətbiq olunur: əgər müşahidə olunan parlaqlıq dəyəri $\bar{m}$ orta qiymətindən üç standart sapmadan (3σ) artıq fərqlənirsə, bu hadisə statistik cəhətdən əhəmiyyətli anomaliya kimi qiymətləndirilir və belə hadisələr “parıltı” adlanır.

Parıltılar, həmçinin obyektin əvvəlcədən müəyyən edilmiş parlaqlıq əyrisi əsasında da müəyyən edilə bilər. Belə ki, bəzi hallarda müşahidə olunan parlaqlıq m ilə nəzəri və ya qurulmuş parlaqlıq əyrisindən hesablanan m qiyməti arasında fərq yaranır. Şəkil 1-də göründüyü kimi, bu fərq Δm ilə ölçülür və Δm nəzərəcarpacaq dərəcədə olduqda hadisə parıltı kimi təsnif olunur (1).



Şəkil 1. Parlaqlıq əyrisindən parıltının təyin edilməsi

Nəticələr

Ümumilikdə, aparılan müşahidələr 70 kometi əhatə etmişdir və nəticələr göstərmişdir ki, bu kometlərin 40-ında parıltı aşkar edilmişdir. Həmin 40 kometin 30-u üzrə parıltı, həm geosentrik, həm də helosentrik məsafələrin yaxın olduğu dövrlərdə müşahidə olunmuşdur ki, bu da kometlərin aktivliyinin onların Günəş və Yerə yaxınlaşması ilə əlaqəli olduğunu göstərir. Əlavə olaraq, 40 komet üzərində aparılan təhlillərdən 30-u üzrə etibarlı və ya mənalı nəticələr əldə edilmişdir. Bu isə 75% uğur nisbətinə uyğun gəlir və tətbiq olunan metodologiyanın həm etibarlılığını, həm də müxtəlif kometlər üzərində geniş tətbiq oluna biləcəyini nümayiş etdirir.

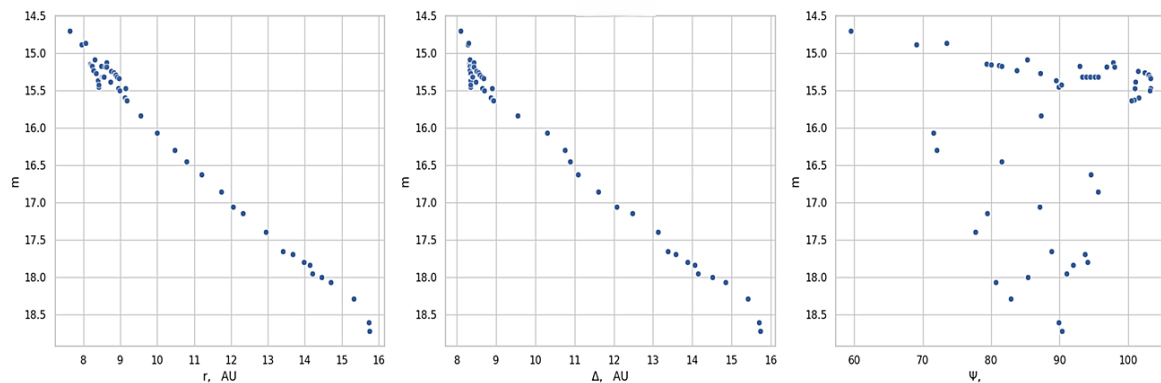
Nəticələr göstərir ki, müşahidə və təhlil metodikası kometlərin parıltısının zaman üzrə dəyişməsinə və onların aktivlik xüsusiyyətlərini dəqiqliklə qiymətləndirməyə imkan verir. Bu isə gələcək tədqiqatlarda kometlərin fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinin daha ətraflı öyrənilməsi üçün etibarlı baza yaradır.

Cədvəl 1.

C/2017 K2 (PANSTARRS) kometi üzrə parlaqlıq nəticələri

• r	• Δ	• Δm	• σ	• 3σ
• 8.28	• 8.33	• 4.8634	• 0.355095	• 1.065285
• 8.62	• 8.42	• 1.65117		
• 8.74	• 8.48	• 2.50714		
• 8.82	• 8.54	• 1.65117		

C/2017 K2 (PANSTARRS) kometinin m ölçüsünün r , Δ , ψ kəmiyyətlərinin asılılıq qrafikləri



Daha dərinədən aparılan təhlil parıltıların parametrlərinin əsas müşahidə faktorlarından asılılığını nəzərdən keçirir: heliosentrik məsafə (r), geosentrik məsafə (Δ), faza bucağı (ψ), ulduz ölçüsü (mag) və aperturanın ölçüsü. Bu yanaşma, parıltı dəyişikliklərinin, əsasən, Günəş radiasiyası və sublimasiya prosesləri, faza bucağı effekti, yoxsa istifadə olunan instrumentlərin texniki parametrləri ilə əlaqəli olub-olmadığını müəyyənləşdirməyə imkan verir (3).

Faktorların kvantitativ qiymətləndirilməsi parıltı partlayışlarının fiziki mexanizmlərinin daha dəqiq interpretasiyasını təmin edir və müxtəlif orbital və müşahidə şərtlərində kometlərin davranışını proqnozlaşdıran modellərin təkmilləşdirilməsinə xidmət edir.

Həmçinin hazırlanmış kataloq parıltı parıltıların təsnifatını mümkün edir, təkrarlanan qanunauyğunluqları aşkarlayır və proqnozlaşdırma alqoritmlərinin optimallaşdırılmasına dəstək göstərir.

Kataloqun elmi əhəmiyyəti

Hazırlanmış komet parıltıları kataloqu bir neçə baxımdan əhəmiyyətlidir:

1. Sistemli məlumat bazası: Kataloq müxtəlif kometlər üzrə parıltı hadisələrinin sistemli şəkildə toplanmasını təmin edir və əvvəllər ayrı-ayrı mənbələrdə verilmiş müşahidə məlumatlarını birləşdirir.

2. Təkrarlanan qanunauyğunluqların aşkarlanması: Kataloq vasitəsilə parıltıların tezliyi, intensivliyi və baş vermə şəraiti təhlil edilə bilər, bu isə kometlərin aktivlik nümunələrinin və müşahidə şərtlərinə bağlı tendensiyaların müəyyən edilməsinə imkan yaradır.

3. Proqnozlaşdırma modellərinin təkmilləşdirilməsi: Parıltı hadisələrinin təsnifatı və statistik təhlili gələcəkdə kometlərin parlaqlıq dəyişikliklərini proqnozlaşdıran modellərin optimallaşdırılmasına xidmət edir.

4. Fiziki və kimyəvi interpretasiya: Kataloq kometlərin aktivliyi, nüvə strukturu və sublimasiya proseslərinin daha dəqiq öyrənilməsi üçün etibarlı baza yaradır, həmçinin fərqli fiziki mexanizmlərin rolunu qiymətləndirməyə imkan verir.

5. Gələcək tədqiqatlar üçün resurs: Bu kataloq, həm nəzəri modellərin test olunması, həm də yeni müşahidələrin müqayisəsi üçün standart bir istinad mənbəyi kimi çıxış edir.

Aparılan tədqiqatın yekun nəticələri

• **Parıltıların əhəmiyyəti:** Kometlərdə ani parlaqlıq artımları (parıltılar) onların fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərini, həmçinin təkamül proseslərini öyrənmək üçün əhəmiyyətli indikatorlardır.

• **Parıltı mexanizmləri:** Başlıca mexanizmlər nüvənin Günəşə yaxınlaşması ilə bağlı sublimasiya prosesi, komet atmosferində qeyri-stasionar fiziki və kimyəvi proseslər, eləcə də meteoroid və ya kosmik cisimlərlə toqquşmadır.

• **Müşahidə və metodika:** 70 komet üzərində aparılan müşahidələrdən 40 kometdə parıltı aşkarlanmış, 30 kometdə parıltı heliosentrik və geosentrik məsafələrin yaxın olduğu dövrlərdə baş vermişdir. Parıltıların müəyyənləşdirilməsi üçün heliosentrik və geosentrik məsafə, faza bucağı, apertura ölçüsü və empirik fotometrik əmsallardan istifadə edilmişdir.

• **Statistik təhlil:** "3 σ prinsipi" əsasında aparılan təhlil parıltıların etibarlı aşkarlanmasını təmin etmiş, tətbiq olunan metodologiyanın uğur nisbəti təxminən 75% olmuşdur.

• **Elmi əhəmiyyət:** Hazırlanmış kataloq parıltıların təsnifatını, təkrarlanan qanunauyğunluqları müəyyən etməyə və gələcək proqnozlaşdırma modellərinin optimallaşdırılmasına imkan verir, həmçinin kometlərin fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinin daha dərinədən öyrənilməsi üçün etibarlı baza yaradır.

Müzakirə

© **Parıltıların yaranma mexanizmləri və müqayisəli analiz:** Aparılan müşahidələr göstərir ki, komet parıltılarının başlıca səbəbləri nüvənin Günəşə yaxınlaşması ilə əlaqəli sublimasiya, komet atmosferində qeyri-stasionar fiziki və kimyəvi proseslər və toqquşma hadisələridir. Deep Impact missiyasının 9P/Tempel kometinə müdaxiləsi nəticəsində müşahidə olunan parlaqlıq artımı toqquşma mexanizminin real təsirini nümayiş etdirir və bu, klassik fotometrik modellərdən kənara çıxan ani parlaqlıq artımlarını izah edir.

1. Müşahidə parametrlərinin rolu: Tədqiqat göstərdi ki, heliosentrik məsafə (r), geosentrik məsafə (Δ), faza bucağı (ψ) və aperturanın diametri (D) parıltı ölçmələrinə əhəmiyyətli təsir göstərir. Bu amillərin kvantitativ təhlili, müşahidə geometriyasının və istifadə olunan cihazların texniki parametrlərinin parlaqlıq dəyişikliklərinə təsirini dəqiqləşdirməyə imkan verir.

2. Statistik etibarlılıq və metodologiyanın tətbiqi: Parıltıların " 3σ prinsipi" əsasında müəyyən edilməsi metodologiyanın etibarlılığını göstərir. 70 kometdən 40-ında parıltı aşkar olunması və 30 kometdə heliosentrik və geosentrik məsafələrin yaxın dövrlərdə müşahidə olunması metodun müxtəlif kometlər üzərində geniş tətbiq oluna biləcəyini təsdiqləyir.

3. Fiziki və kimyəvi interpretasiya: Parıltıların heliosentrik məsafə və faza bucağı ilə sıx bağlı olması sublimasiya və Günəş radiasiyasının komet aktivliyinə təsirini təsdiqləyir. Eyni zamanda, qeyri-stasionar proseslər və nadir toqquşmalar kometlərin nüvə strukturu və səth qatının dəyişməsinə izah edən əlavə mexanizmlər kimi çıxış edir.

4. Elmi və proqnozlaşdırma əhəmiyyəti: Hazırlanmış kataloq və tətbiq olunan metodika komet parıltılarının təsnifatını, təkrarlanan qanunauyğunluqların müəyyən edilməsini və gələcək proqnozlaşdırma modellərinin optimallaşdırılmasını təmin edir. Bu, kometlərin aktivlik xüsusiyyətlərinin, orbital və müşahidə şərtlərinə bağlı davranışlarının daha dəqiq proqnozlaşdırılmasına imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Andriyenko, L.P., & Vaşenko, V.F. Katalog komet parıltılarının müşahidələri. Kiev: 1981. Naukova Dumka
2. NASA Deep Impact Mission (2005). <https://deepimpact.jpl.nasa.gov>
3. Гулиев, А.С., Поладова, У.Д. Физические величины 100 долгопериодических комет с учетом условия их видимости (1999-2004), Şamaxı Astrofizika Rəsədxanasının Sirkulyarı., Bakı: 2005, №110, s. 23-32

HİDROTERMAL METODLA GÜMÜŞ QATQILI NANO-TiO₂-NİN SİNTEZİ ZAMANI ALINAN V-1 NÜMUNƏSİNİN XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

VƏFA ƏLİYEVƏ ^{1*}

<https://orcid.org/0009-0001-6436-9953>

HÜSEYN İMANOV ²

vafaliev21@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6970-5645>

^{1,2}Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu tədqiqatda hidrotermal metod vasitəsilə gümüş qatqılı nano-TiO₂ (V-1 nümunəsi) sintez edilmiş və onun struktur-morfoloji xassələri elmi cəhətdən təhlil olunmuşdur. Sintez prosesində titan(IV) izopropoksid, gümüş nitrat, 2-propanol, susuz sirkə turşusu, polietilenqlikol-600 (PEQ) və səthi aktiv maddələr (natrium dodesil sulfat, olein turşusu) istifadə edilmişdir. Reaksiya 220 °C temperaturda 150 dəqiqə müddətində teflon qablı reaktorda aparılmış, alınan məhsul sonradan yuyulmuş və qurudulmuşdur. Rentgen faza analizi nəticəsində V-1 nümunəsinin anataz fazalı TiO₂ və elementar gümüşdən ibarət olduğu müəyyən edilmişdir. Difraksiya piklərinin genişliyi kristal ölçülərinin nanoölçüdə olduğunu və yüksək fotokatalitik aktivliyin mümkünlüyünü göstərmişdir. Skanediçi elektron mikroskop (SEM) analizi ilə nanohissəciklərin əsasən sferik formaya malik olduğu, lakin bəzi hallarda qismən aqlomerasiyanın baş verdiyi müşahidə olunmuşdur. Aqlomerasiyanın qarşısını almaq məqsədilə tətbiq edilən səthi aktiv maddələr gümüş hissəciklərinin dispers vəziyyətdə qalmasını təmin etmişdir. PEQ və askorbin turşusu kimi reduksiyaedicilər Ag⁺ ionlarının tam şəkildə metal gümüşə çevrilməsinə şərait yaratmışdır. Alınan nəticələr göstərir ki, hidrotermal üsulla sintez edilmiş gümüş qatqılı nano-TiO₂ yüksək kristallıq dərəcəsinə, nanoölçülü morfologiyaya və potensial fotokatalitik aktivliyə malikdir. Bu xüsusiyyətlər onun suyun təmizlənməsi, antimikrob sistemlər və katalitik proseslərdə tətbiqini perspektivli edir. Tədqiqat nəticələri həm nanomaterialların optimallaşdırılması, həm də tətbiq sahələrinin genişləndirilməsi baxımından mühüm elmi əhəmiyyət kəsb edir.

Açar sözlər: Nano-TiO₂, gümüş, hidrotermal sintez, anataza faza, rentgen difraksiya, SEM analiz

Giriş

Nanotexnologiya, maddənin atom və molekul səviyyəsində (1-100 nm miqyasında) idarə edilməsi və tətbiq edilməsi ilə bağlı elmi sahə kimi, müasir elm və texnologiyanın ən innovativ istiqamətlərindən birini təşkil edir. Bu sahənin inkişafı qədim dövrlərə, hətta qədim yunan filosofu Demokritin (m.ö. V əsri) maddənin atomlardan ibarət olduğu fikrinə qədər uzanır, lakin müasir nanotexnologiyanın əsası 1959-cu ildə Richard Feynmanın "Altda çox miqdarda boş yer var" məzmunlu məruzəsi ilə qoyulub (Bayda et al., 2019, s.1822). Feynmanın bu fikri maddənin atom səviyyəsində manipulyasiyasının potensialını vurğulayaraq, nanotexnologiyanın "ata"sı kimi tanınmasına səbəb olub. 1974-cü ildə Norio Taniguchi tərəfindən "nanotexnologiya" termini olaraq təsdiqlənən bu sahə, 1980-ci illərdə

tunel mikroskopunun ixtirası (1981) və fullerenlərin kəşfi (1985) kimi kəşflərlə sürətlənməyə başlayıb. 1991-ci ildə karbon nanoboruların aşkarlanması və 2004-cü ildə qrafenin izolyasiyası nanotexnologiyaları materialshünaslıq, elektronika və biotibb kimi sahələrdə inqilabçı dərəcəyə qaldırıb. ABŞ-da 2000-cü ildə Milli Nanotexnologiya İnisiyativisi (NNI) qurulması ilə bu sahəyə yatırılan investisiyalar 2018-ci ilə qədər 1,2 milyard dollara çatıb, nanotexnologiyaların global iqtisadiyyata töhfəsini 3 trilyon dollardan çoxluqda qiymətləndirib (Bayda et al., 2019, s.15).

Nanotexnologiyaların inkişafı nanomaterialların unikal xassələri olan yüksək səth sahəsi, kvant mexaniki effektlər, güclü mexaniki və optik xüsusiyyətlər ilə bağlıdır. Bu materiallar, xüsusilə, nanohissəciklər, nanoboru və qrafen kimi strukturlarla, konvensional materiallardan fərqli olaraq, katalitik, maqnit və fotokatalitik aktivliyi artırır. Nanotexnologiyaların istifadə sahələri geniş spektri əhatə edir. Tibb sahəsində nanomateriallar dərman çatdırılması, diaqnostika və regenerativ tibb üçün istifadə olunur; məsələn, qızıl və gümüş nanohissəcikləri ilə yüklənmiş sistemlər xərçəng hüceyrələrinin hədəflənməsində effektivdir və beləliklə, yan təsirləri azaldaraq dərman səmərəliliyini 50-70% artırır (Baig et al., 2021, s.1843). Ətraf mühit mühafizəsində nano-TiO₂ və ya gümüş qatqılı versiyaları su təmizlənməsində, ağır metalların adsorbsiyasında və fotokatalitik parçalanmada tətbiq edilir. Məsələn, nanohissəciklər orqanik çirkləndiriciləri (boya maddələri) gün işığında 90%-dək parçalayır (Altammar, 2023, s.1156). Enerji sektorunda nanotexnologiya hüceyrələrin səmərəliliyini 20-30% artıraraq, süni fotosintez və batareya texnologiyalarında innovasiyalar yaradır. Katalizdə isə nanohissəciklər reaksiya sürətlərini 10 qat sürətləndirərək, sənaye proseslərini iqtisadi və ekoloji cəhətdən optimallaşdırır (Baig et al., 2021, s.1863). Qida sənayəsində antimikrob xassələri sayəsində qablaşdırma materiallarında istifadə olunan nanomateriallar saxlama müddətini uzadır, kənd təsərrüfatında isə gübrə və pestisidlərin hədəflənmiş çatdırılması ilə məhsuldarlığı artırır (Altammar, 2023, s.1176).

Nanomaterialların sintezi nanotexnologiyaların əsas sütunlarından birini təşkil edir və iki əsas yanaşma ilə həyata keçirilir: top-down (yuxarıdan aşağıya) və bottom-up (aşağıdan yuxarıya). Top-down üsulları, məsələn, mexaniki frezeleme və lazer ablasiyası ilə böyük materialları nanoölçüdə parçalayaraq strukturlaşdırır. Bu üsullar sadədir, lakin enerji sərfiyyatı yüksək və qeyri-mütənasib hissəciklər yaradır (Altammar, 2023, s.1184). Bottom-up üsulları isə atom və molekulların birləşməsi əsasında qurulur və kimyəvi çökdürmə, sol-gel prosesi və hidrotermal sintez kimi variantları əhatə edir. Sol-gel üsulu titanat alkoksidlərin hidrolizi və polikondensasiyası ilə nano-TiO₂-nin 10 nm ölçüdə hissəciklərini əldə etməyə imkan verir, lakin yüksək temperatur tələb edir (Zuo et al., 2024, s.1620). Hidrotermal sintez, yüksək temperatur və təzyiq altında (100-250°C, 10-20 atm) reaksiya mühitində aparılır və nano-TiO₂-nin anataz fazasını yüksək təmizlikdə təmin edir. Bu üsulun üstünlüyü hissəciklərin dispersiyasını və kristallıq səviyyəsini dəqiq idarə etməsindədir (Altammar, 2023, s.1237). Qızıl və ya gümüş kimi metalların qatqı ilə (doping) sintez zamanı fotokatalitik aktivlik görünən işıq spektrində genişlənir, çünki gümüş nanoqeyrişləri plazmon rezonansı effekti yaradır və elektron-deşik keçidlərini sürətləndirir (Zuo et al., 2024, s.1620). Bioloji sintez üsulları ilə (yaşıl sintez) isə bitki ekstraktları və mikroorqanizmlər (məsələn, *Aspergillus terreus*) vasitəsilə ekoloji təmiz nanohissəciklər əldə edilir, toksik qalıqları minimuma endirərək sənaye tətbiqini asanlaşdırır (Baig et al., 2021, s.1853).

Nano-TiO₂, nanotexnologiyanın ən çox tədqiq olunan nanomateriallarından biridir, çünki geniş enerji boşluğu (3,2 eV) sayəsində fotokatalizdə, UB-filtrlərdə və antimikrob agentlərdə üstünlük təşkil edir. Lakin saf TiO₂-nin məhdudiyyəti görünən işıqla aktiv olmamasıdır, bu da gümüş qatqısı ilə aradan qaldırılır. Gümüş qatqılı nano-TiO₂ fotokatalitik səmərəliliyi 2-3 qat artıraraq, suyun təmizlənməsində və xərçəng terapiyasında tətbiq oluna bilər (Zuo et al., 2024, s.1620). Hidrotermal sintez vasitəsilə əldə edilən belə nanomateriallar yüksək səth sahəsi (150-200 m²/g) və stabillik təmin edir, lakin qatqı nisbətinin optimallaşdırılması (məsələn, 1-5 kütlə% Ag) xassələri müəyyən edir (Altammar, 2023, s.1248).

Bu məqalədə hidrotermal metodla sintez edilmiş gümüş qatqılı nano-TiO₂-nin (V-1 nümunəsi) strukturu, səth morfologiyası və tərkibi xassələrinin tədqiqi aparılır. Tədqiqin məqsədi reaksiya aparılan sintez şəraitinin təsiri altında nanomaterialın alınmasının effektivliyini qiymətləndirməkdir.

Material metod

Tədqiqatda hidrotermal metod vasitəsilə gümüş qatqılı anataz fazalı TiO₂ nanohissəciklərinin sintezi məqsədilə reaksiyalar həyata keçirilmişdir. Fərqli mühit şəraitində aparılmış reaksiyalar nəticəsində ən yaxşı göstəriciyə malik, sintez olunmuş və tərkibi təhlil edilmiş nümunə V-1 kimi təyin olunmuşdur. V-1 nümunəsinin hazırlanmasında 4ml PEQ(600) həm reduksiyaedici, həm də stabilizator kimi, 2q AgNO₃/1ml H₂O, 23ml titan (IV) izopropoksid və 75/13 2-propanol/ susuz sirkə turşusu (ml) istifadə edilmişdir.

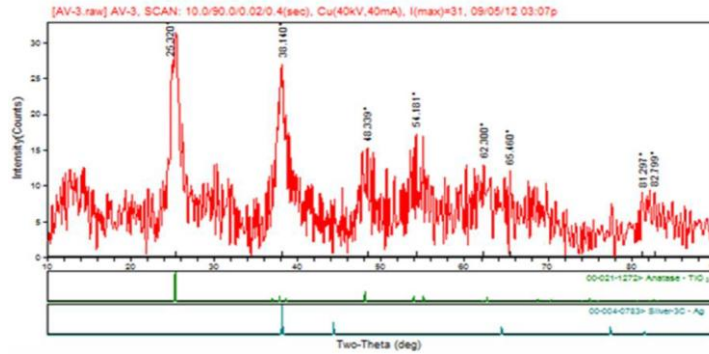
Titan(IV) izopropoksid göstərilən miqdarlarda 2-propanolda maqnit qarışdırıcı vasitəsilə otaq temperaturunda 30 dəqiqə qarışdırılmaqla həll edilmişdir. Susuz sirkə turşusu məhlulu büret vasitəsilə qarışığa damcı-damcı əlavə edilərək 15 dəqiqə qarışdırılmış, ardınca deionlaşdırılmış suda həll olunmuş gümüş nitrat büret köməyi ilə məhlula damcı-damcı əlavə edilmiş və daha 15 dəqiqə qarışdırılmışdır. Daha sonra qarışığa PEQ(600) və səthi aktiv maddələr əlavə olunmuşdur. Bütün qarışdırma prosesləri 700 rpm sürətində maqnit qarışdırıcıda icra edilmişdir. Qarışığın 90 dəqiqə qarışdırılmasından sonra o, tez bir zamanda 200 ml həcmli teflon qaba köçürülmüş və yüksək temperatur-təzyiq şəraitində formalaşma üçün reaktora yerləşdirilmişdir. Təzyiq artımının həm səmərəli, həm də təhlükəsizliyə uyğun olmasını təmin etmək məqsədilə reaktor qapaqları xüsusi açar vasitəsilə möhkəm bağlanmışdır. Reaksiya temperaturunun 220 °C-ə çatması gözlənilmiş və bu temperaturda 150 dəqiqə saxlanılmışdır.

Reaksiya müddəti başa çatdıqdan sonra qızdırıcı söndürülmüş və reaktorların otaq temperaturuna çatması üçün 1,5 gün gözlənilmişdir. Otaq temperaturuna qədər soyumuş reaktorlar açılmışdır. Qapaqlar açılarkən reaksiya zamanı əmələ gələn sıxılmış qazın buraxılması müşahidə edilmişdir. Sonra teflon qab sistemdən çıxarılmışdır. 2,5 saat davam edən hidrotermal proses nəticəsində məhlul qəhvəyi-qara rəng intervalında toz halına keçmiş, əksər hissəsi teflon qabın dibinə çökmüşdür. Sintez olunmuş toz halındakı bərk məhsulu suspenziyadan ayırmaq üçün quruducuda 50 dəqiqə qurudulmuşdur. Qurudulmuş nümunə 2-propanol və deionlaşdırılmış su ilə yuyulmuş, sonra tam quruması üçün 90 °C temperaturda vakuum sobasında saxlanılmışdır. Beləliklə, gümüş qatqılı anataz fazalı nano-TiO₂ hidrotermal üsulla əldə edilmişdir. Qurutma zamanı vakuum təsiri ilə bir-birinə

yapışan və yığılan nümunə kvarts həvəngdəstədə yaxşıca üyüdülərək yenidən toz formasına salınmış və fiziki-kimyəvi xassələrinin tədqiqi üçün şüşə qabda saxlanılmışdır.

Nəticələrin müzakirəsi

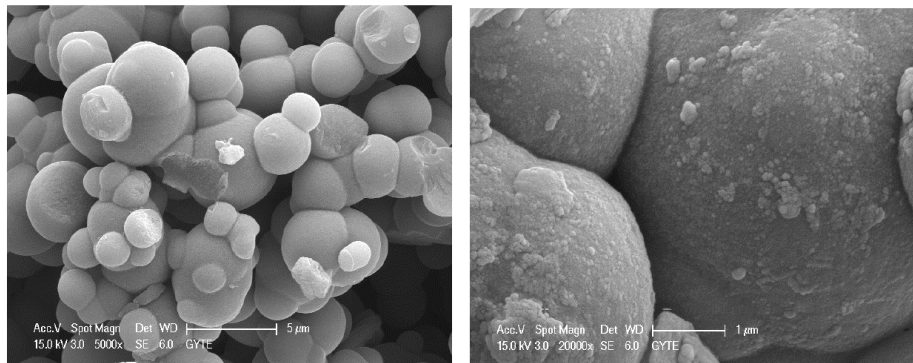
Sintez olunmuş V-1 nümunəsində gümüşün struktur xüsusiyyətləri və TiO_2 -nin anataz fazasında olması müxtəlif analiz üsulları ilə təyin edilmişdir. Bu məqsədlə əvvəlcə rentgen faza analizi (RFA) həyata keçirilmişdir. Analiz nəticələri şəkil 1-də V-1 nümunəsinin rentgen faza diffraktoqramı şəklində təqdim olunmuşdur.



Şəkil 1. V-1 nümunəsinin rentgen diffraktoqramı

Şəkildən aydın olur ki, ən yüksək intensivlikli piklər anataz fazalı TiO_2 -yə məxsusdur və bunlar (102) müstəvisində $25,301^\circ$; (201) müstəvisində $48,050^\circ$; (005) müstəvisində $37,831^\circ$; (106) müstəvisində $54,125^\circ$; (212) müstəvisində $55,074^\circ$; (205) müstəvisində $62,695^\circ$ bucaqlarında yerləşir. Bu qiymətlər Beynəlxalq Difraksiya Məlumatları Mərkəzinin 21-1272 nömrəli standartı ilə tam uyğun gəlir. Elementar Ag pikləri isə $37,930^\circ$ (112), $64,81^\circ$ (221) və $77,268^\circ$ (312) bucaqlarında müşahidə olunmuşdur. Beləliklə, hidrotermal üsulla sintez edilmiş V-1 nümunəsinin anataz quruluşlu TiO_2 və elementar gümüşdən təşkil olunduğu təsdiq edilmişdir. Bundan əlavə, rentgen difraksiya piklərinin genişliyi kristal və hissəcik ölçülərinin nanoölçüdə olduğunu göstərir. Pik eni artdıqca kristal ölçüsü azalır ki, bu da sintez olunmuş anataz fazalı TiO_2 -nin fotokatalitik aktivliyini əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldir. Nümunələrin analiz nəticələri də onların geniş pik profillərinə malik olduğunu açıq şəkildə əks etdirir.

Jeol JSM-5910LV markalı taramalı elektron mikroskopdan 20000 dəfə böyütməyə qədər hidrotermal üsulla sintez olunmuş gümüş qatqılı anataz fazalı nano- TiO_2 V-1 nümunəsinin mikromorfologiyasının tədqiqi məqsədilə istifadə edilmişdir (şəkil 2).



Şəkil 2. V-1 nümunəsinin SEM şəkli

Skanedici elektron mikroskop (SEM) görüntüləri struktur baxımından qiymətləndirildikdə, nanohissəciklərin morfoloji cəhətdən oxşar olduğu və əsasən sferik formaya malik olduğu müşahidə edilir. Lakin bəzi bölgələrdə tam sferik quruluşun formalaşmadığı da aydın görünür. Hissəciklərin qızdırılması prosesi bəzi hissəciklərin ölçüsünü artırarkən, digərlərinin ölçüsünü azaldan aqlomerasiya prosesinə səbəb ola bilər. Aqlomerasiyanın əsas səbəbləri sintez şəraitindən – yəni qatqı edilən metalın konsentrasiyasından, səthi aktiv maddələrdən və tətbiq olunan sintez üsulundan asılıdır. Yaranan metal Ag nanohissəciklərinin yığılmasının qarşısını almaq məqsədilə natrium dodesil sulfat (NDS), polietilenqlikol (PEQ) və olein turşusu kimi səthi aktiv maddələrdən istifadə edilmişdir. Bu səthi aktiv maddələr Ag metalını əhatə edərək onu kiçik ölçülü hissəciklər şəklində stabil saxlayır. Əlavə olaraq, askorbin turşusu, hidrazin, PEQ və NaBH_4 kimi reduksiyaedici Ag^+ ionlarını tamamilə metal gümüşə reduksiya edir.

Nəticə

Tədqiqatda hidrotermal metodla gümüş qatqılı anataz fazalı nano- TiO_2 (V-1 nümunəsi) sintez edilmiş və onun struktur, morfoloji xassələri öyrənilmişdir. Sintez üçün titan(IV) izopropoksid, gümüş nitrat, 2-propanol, susuz sirkə turşusu, PEQ(600) və səthi aktiv maddələr (NDS, olein turşusu) istifadə olunmuşdur. Reaksiya 220°C temperaturda, 150 dəqiqə ərzində teflon qablı reaktorda aparılmış, sonra nümunə qurudulmuş və yuyulmuşdur.

Rentgen faza analizi (RFA) nəticələri göstərmişdir ki, V-1 nümunəsi anataz TiO_2 (21-1272) və elementar Ag fazalarından ibarətdir. Ən intensiv piklər $25,301^\circ$ (101), $37,831^\circ$ (004), $48,050^\circ$ (200) bucaqlarında müşahidə olunmuş, Ag pikləri isə $37,930^\circ$ (111), $64,81^\circ$ (220) və $77,268^\circ$ (311) bucaqlarında qeydə alınmışdır. Pik genişliyi kristal ölçüsünün nanoölçüdə olduğunu və fotokatalitik aktivliyin yüksək olduğunu təsdiqləyir.

Skanedici elektron mikroskop (SEM, Jeol JSM-5910LV, $\times 20\ 000$) təhlili ilə nanohissəciklərin əsasən sferik formada olduğu, lakin bəzi bölgələrdə qismən aqlomerasiya və qeyri-mütənasib forma müşahidə olunmuşdur. Aqlomerasiyanın qarşısını almaq üçün səthi aktiv maddələr effektiv rol oynamış, Ag^+ ionları isə reduksiyaedici (PEQ, askorbin turşusu və s.) vasitəsilə tam metal gümüşə çevrilmişdir.

Nəticədə, hidrotermal sintez nəticəsində əldə olunan gümüş qatqılı nano- TiO_2 yüksək kristallıq, nanoölçülü struktur və potensial fotokatalitik xassələrə malikdir. Bu material su təmizlənməsi, antimikrob tətbiqlər və kataliz sahələrində perspektivli hesab olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., Rizzolio, F. (2019). The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine. Nano-Micro Letters, 11(1), p.1-20
2. Baig, N., Kammakakam, I., Falath, W. (2021). Nanomaterials: a review of synthesis methods, properties, recent progress, and challenges. Materials Advances, 2(5), 1821-1871
3. Altammar K.A. (2023). A review on nanoparticles: characteristics, synthesis, applications, and challenges. Frontiers in Microbiology, 14, 1155622

4. Zuo, F., Zhu, Y., Wu, T., Li C., Liu, Y., Wu, X., Ma, J., Zhang, K., Ouyang, H., Qiu, X., He J. (2024). Titanium Dioxide Nanomaterials: Progress in Synthesis and Application in Drug Delivery. *Nanomaterials*, 14(19), 1620

SUMMARY

Aliyeva Vafa Nazim, Imanov Huseyn Abulfaz

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF THE V-1 SAMPLE OBTAINED DURING THE HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF SILVER-DOPED NANO-TiO₂

In this study, silver-doped nano-TiO₂ (V-1 sample) was synthesized via the hydrothermal method, and its structural and morphological properties were scientifically analyzed. The synthesis process utilized titanium(IV) isopropoxide, silver nitrate, 2-propanol, anhydrous acetic acid, polyethylene glycol-600 (PEG), and surfactants (sodium dodecyl sulfate, oleic acid). The reaction was conducted in a Teflon-lined reactor at 220 °C for 150 minutes, with the obtained product subsequently washed and dried. X-ray phase analysis revealed that the V-1 sample consists of anatase-phase TiO₂ and elemental silver. The broadening of diffraction peaks indicated nanoscale crystallite sizes and the potential for high photocatalytic activity. Scanning electron microscopy (SEM) analysis showed that the nanoparticles are predominantly spherical in shape, although partial agglomeration was observed in some cases. The applied surfactants effectively prevented agglomeration by maintaining the silver particles in a dispersed state. Reducing agents such as PEG and ascorbic acid facilitated the complete conversion of Ag⁺ ions to metallic silver. The results demonstrate that the hydrothermally synthesized silver-doped nano-TiO₂ exhibits high crystallinity, nanoscale morphology, and potential photocatalytic activity. These characteristics make it promising for applications in water purification, antimicrobial systems, and catalytic processes. The findings hold significant scientific value for both the optimization of nanomaterials and the expansion of their application areas.

Keywords: Nano-TiO₂, silver, hydrothermal synthesis, anatase phase, X-ray diffraction, SEM analysis

РЕЗЮМЕ

Алиева Вафа Назим^{1*}, Иманов Гусейн Абульфаз¹

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОБРАЗЦА V-1, ПОЛУЧЕННОГО В ПРОЦЕССЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА НАНОДИОКСИДА ТИТАНА, ЛЕГИРОВАННОГО СЕРЕБРОМ

В данном исследовании методом гидротермального синтеза получен серебросодержащий нано-TiO₂ (образец V-1), а его структурно-морфологические свойства научно проанализированы. В процессе синтеза использовались титан(IV) изопропоксид, нитрат серебра, 2-пропанол, безводная уксусная кислота, полиэтиленгликоль-600 (ПЭГ) и поверхностно-активные вещества (додецилсульфат натрия, олеиновая кислота). Реакция проводилась в тефлоновом реакторе при 220 °С в течение 150 минут, полученный продукт впоследствии промыт и высушен. Рентгенофазовый анализ показал, что образец V-1 состоит из анатазной фазы TiO₂ и элементарного серебра. Ширина дифракционных пиков указывает на наноразмеры кристаллитов и возможность высокой фотокаталитической активности. Анализ сканирующей электронной микроскопией (СЭМ) выявил преимущественно сферическую форму наночастиц, хотя в некоторых случаях наблюдалась частичная агрегация. Примененные поверхностно-активные вещества обеспечили дисперсное состояние серебряных частиц, предотвращая агрегацию. Восстановители, такие как ПЭГ и аскорбиновая кислота, создали условия для полного превращения ионов Ag⁺ в металлическое серебро. Полученные результаты свидетельствуют, что гидротермально синтезированный серебросодержащий нано-TiO₂ обладает высокой степенью кристалличности, наноразмерной морфологией и потенциальной фотокаталитической активностью. Эти характеристики делают его перспективным для применения в очистке воды, антимикробных системах и каталитических процессах. Результаты исследования имеют важное научное значение как для оптимизации наноматериалов, так и для расширения областей их применения.

Ключевые слова: нано-TiO₂, серебро, гидротермальный синтез, анатазная фаза, рентгеновская дифракция, СЭМ-анализ

Cr³⁺ və Bi³⁺ İONLARININ XELATƏMƏLƏGƏTİRİCİ SORBENTLƏRLƏ SORBSİYASI

SALEHƏ RAMAZANOVA

ƏLİƏDDİN ABBASOV

elieddinabbasov@ndu.edu.az

<https://orcid.org/0009-0004-2085-6209>

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Tərkiblərində fərqli funksional analitik qruplar saxlayan polistirol zəncirli 6(altı) sorbentin ion dəyişmə qəzəllikləri, onların Cr(III) və Bi(III)-ionlarına qarşı iondəyişmə yetənəkləri öyrənilmişdir. Cr(III) və Bi(III) ionlarının optimal sorbsiyalarının turşuluğun 4,5-6,5 aralığında gerçəkləşdiyi müəyyən olunmuşdur. Hər iki iona qarşı nisbətən yüksək sorbsiya tutumu benzol halqasında o-vəziyyətdə yerlə şən karboksil və hidrosil və -azo-4-oksi 3 benzilarsen turşulu qrup saxlayan sorbentlər olduğu məlum olmuşdur. Bu sorbentlərin turşu-əsas göstəriciləri Henderson-Hasselbax tənliyindən hesablanmış, belə sorbentlərin ionlaşma sabitlərinə yaxın qiymətlər alınmışdır. Sıxışdırılıb çıxarılan protonların sayına görə funksional analitik qrupların kompleksmələgəlmədə rolu müəyyən edilmişdir. Cr(III)-ün sorbsiya sında 1(bir), Bi(III)-ün sorbsiyasında isə 2(iki) protonun sıxışdırılıb çıxarıldığı müəyyən edilmişdir. Hər iki ionun sorbsiyası zamanı Ph_{50} və funksional analitik qrupların Pk_1 -ləri arasındakı korrelyasiya asılı lığı qrafiki qurulmuş və sorbentlərin ionlaşma sabitləri-element ionları ilə sorbent komplekslərinin davamlılıq sabitləri hesablanmışdır.

Açar sözlər: iondəyişdiricilər, Cr(III) və Bi(III)-ionları, sorbsiya, sorbentlərin turşu-əsas göstəriciləri, korrelyasiya asılılıqları

Giriş

Konkret obyektin analizində mikroelementlərin təyini üçün onların ilkin qatılaşdırılması tələb olunur. Əksər hallarda belə proseslərin gerçəkləşdirilməsi böyük həcmdə sulu məhlulun buxarlandırılması ilə həyata keçirilir. Bu proses xeyli miqdarda enerji sərfi və analiz olunacaq elementlə yanaşı sistemdəki digər elementlərin də qatılaşdırılması ilə sonuclanır. Bu isə analizin dəqiqliyinə ciddi təsir etdiyindən, mikroelementlərin birbaşa instrumental yontəmlərlə analizini xeyli çətinləşdirir. Buna görə mikroelementlərin qatılaşdırılması məqsədilə tərkibində uyğun funksional analitik qruplar olan kompleksmələgətirici xelat sorbentlərdən istifadə olunur.

ABŞ-nin ətraf mühitin qorunması agentliyi ətraf mühitə ciddi mənfi təsirləri ilə seçilən 8 metalın öyrənilməsini prioritet kimi qəbul etmişdir: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn. Bi bu siyahıda qeyd olunmasa da, onun da ciddi mənfi təsirləri məlumdur [1].

Cr³⁺ və Bi³⁺ ionlarına qarşı seçicilikləri ilə fərqlənən sorbent örnəkləri ilə bu ionların qatılaşdırılması və təyini təqdim edilən araşdırmanın məqsədini müəyyən edir.

Materiallar və metodlar

Pirokatexin bənövşəyisinin 0,1%-li məhlulu ilə Bi^{3+} -ionlarının titrimetrik təyini (2).

Təyin prosesinə mane olan ionlar sistemdə olmadıqda analizin gedişi

Pirokatexin bənövşəyisi 3 pK ilə xarakterizə olunduğundan: $\text{pK}_1=11,7$; $\text{pK}_2=9,8$; $\text{pK}_3=7,8$ bu aşamaların hər birinin analizin gedişinə təsirləri mövcuddur. Onun struktur foirmulu belə təsəvvür edilir: $(\text{O})\text{SO}_3^- - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}=\text{benzoid halqası}-(\text{orto-vəziyyətdə OH və O atomu})$.

$\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_2(\text{O})$

Analiz olunan məhlulun 100 ml-ində 50 mq-dan çox bismut olmamalıdır. Analiz olunan məhlulə 3-4 damcı indikator əlavə edilir. Analizin aparılması üçün tələb olunan turşuluq həddində məhlulun rəngi göy olmalıdır. Məhlulun bənövşəyi rəngi onun həddən artıq turş olduğunu göstərir. Bu halda məhlulun rəngi göyərincəyə qədər üzərinə durulaşdırılmış ammoniyak məhlulu əlavə edilir (bu zaman məhlulun pH-ı 2-3 aralığında olur). Bu şəkildə hazırlanan məhlul 0,05 n. Trilon B məhlulu ilə limonu-sarı rəng alınincaya qədər titrlənir. Titrləmənin sonunda keçid prosesinə aid bənövşəyi rəng yaranır. Rəngin keçidi o qədər kəskin olur ki, titrləməni hətta çox duru 0,002 mol/l qatılıqlı trilon B məhlulu ilə də aparmaq olur. Dəqiq hesablamalarla müəyyən olunub ki, 1,00 ml 0,05 mol/l trilon B məhluluna 10,45 mq bismut uyğun gəlir. Bu metodikadan Bi^{3+} -ionlarının titrimetrik təyində geniş istifadə olunur.

$\text{Cr}^{3+} (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$ -ionlarının fotometrik yöntemlə təyini

Xromun fotometrik yöntemlə analizi (3) difenilkarbazidin bixromat-ionları ilə bənövşəyi rəngli birləşmə əmələ gətirməsinə əsaslanır. Bu yöntem çox yüksək həssaslığı ilə fərqlənməklə analiz olunan obyektə həm üçvalentli, həm də altıvalentli xrom-ionlarını təyin etməyə imkan verir. Üçvalentli xromun miqdarı alınan fərqa görə tapılır. Bu yöntemlə yanaşı altıvalentli xromun neytrallaşdırılması üçün sulfid turşusunun duzlarından da istifadə etmək məsləhət görülür. Süzüntüdə xromun miqdarı yodimetrik və difenilkarbaziddən istifadə etməklə $\lambda=546$ nm-də fotometrik yöntemlərlə təyin edilmişdir. 0,25 %-li difenilkarbazid məhlulu 0,25 q reagenti 100 ml asetonda həll edib, üzərinə 1 ml sulfat turşusu (1:9 nisbətində) məhlulu əlavə etməklə hazırlanmışdır. Turş mühitdə difenilkarbazidlə $\text{Cr}(\text{VI})$ ionları qarşılıqlı təsirdə olduqda intensiv qırmızı-bənövşəyi rəngli kompleks kation əmələ gəlir. Udulmanın maksimumunda 546 nm-də molyar udulma əmsalı $3,14 \cdot 10^4$ -ə bərabər olur. Xromun təyin edilə bilən miqdarı 0,005-0,1 ppm aralığında dəyişilir. Həllədicinin turşuluğu 0,05 n-dan az olduqda proses çox zəif gedir, sulfat turşusunun qatılığı 0,2 n-dan yüksək olduqda isə kompleks dayanıqlı olur.

Bixromatın yodimetrik təyini

Bixromatın analiz olunacaq məhlulu kolbaya tökülüb, distillə suyu ilə 100 ml-ə qədər durulaşdırıldıqdan sonra üzərinə 2 q KJ əlavə olunur. Bundan sonra turşunun qatılığını 0,4 mol/l-ə çatdırmaq üçün 2 M xlorid turşusu əlavə olunub, ağzı bağlı kolba 5-8 dəqiqə qaranlıq yerdə saxlanılır. Məhlulu daha da durulaşdırmaq üçün üzərinə əlavə 50 ml də su əlavə edib, reaksiya sonucunda ayrılan J_2 nişasta məhlulundan indikator kimi istifadə etməklə natrium tiosulfatla titrlənir. Xromatın titrlənməsi üçün nəzərdə tutulan bu yöntem

onun qatılığının 1/60 M-dan yuxarı olduğu hallar üçün keçərlidir. Daha duru məhlullar üçün (ortalama 610 dəfə) xlorid turşusunun qatılığını 0,6 mol/l-ə qədər artırmaq lazım gəlir.

Cr(III) və Bi(III)-ün 1 mq/ml qatılıqlı standart məhlulları uyğun metalları turşuda (turşularda) həll etməklə hazırlanmışdır. İşçi məhlullar isə başlanğıc məhlulları standart məhlullarla durulaşdırmaqla hazırlanmışdır. Mg, Ca, Al, Fe və digər elementlərin 10 q/l qatılıqlı məhlulları uyğun duzlardan hazırlanmış, bu məhlulların turşuluqları konkret elementlərin hidrolitik özəllikləri nəzərə alınmaqla seçilmişdir. Araşdırılan məhlulların $\text{pH} < 3$ səviyyəsini yaratmaq üçün 0,1 M HCl, pH 3-7 səviyyəsi üçün urotropinin 5%-li məhlulu, pH 7-10 səviyyəsi üçün isə 10%-li ammoniyak məhlulu istifadə olunmuşdur. Məhlulların pH-na pH-metr-millimetr pH- 673 M ilə nəzarət edilmişdir. Elektrod lar qismində 786-43-07 indikator elektrodu və xlor-gümüşlü tutuşdurma elektrodundan istifadə edilmişdir. Məhlullar MM-6 tipli maqnit qarışdırıcıda qarışdırılmışdır. Bir neçə təcrübədə elementlərin paralel təyini Thermo Scientific iCE 3500 AA markalı spektrometrdə rezonans şüalanmanın mənbəyi kimi yarıq katodlu lampadan istifadə olunmaqla gerçəkləşdirilmişdir. Özəl olmayan absorbisyanın düzəlişi üçün deyterium lampasından istifadə olunmuş, örnəklərin atomlaşdırılması asetilen-hava alovunda üçboşluqlu qaz lampasında yerinə yetirilmişdir.

Təbii sulardan mikroelementləri miqdarı çıxarmaq üçün, onları qatılaşdırmadan əvvəl labil formya keçirmək lazım gəlir ki, sonradan seçilən şəraitdə sorbisya etmək mümkün olsun. Bu məqsədlə götürülən təbii su örnəkləri oksidləşdiricilərlə işlənir, axıntı sularının analizi zamanı isə onlar turşulaşdırılıb qaynadılır. Polimer xelat sorbentlərin analitik məqsədlə istifadəsi hazırda yeni istiqamət kimi qəbul edilir. Buna görə bu istiqamətin nəzəri əsasları və araşdırma metodologiyasına nəzarət yaranmışdır. Sorbisya prosesinin aparılacağı optimal pH aralığı 1-10-da öyrənilmişdir. Yoxla nılan 6 sorbent polistirol zəncirli olub, tərkiblərində fərqli funksional analitik qruplar saxlayırlar:

- 1) polistirol-azo-3,4-dioksibenzol: $\rightarrow -\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3-\text{o}(\text{OH})_2$;
- 2) polistirol-azo-4-oksi 3-benzolkar bon turşusu: $\rightarrow -\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3-\text{o}(\text{COOH}, \text{OH})$;
- 3) polistirol-azo-4-oksi- 3-benzolsulfoturşu: $\rightarrow -\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3-\text{o}(\text{SO}_3\text{H}, \text{OH})$;
- 4) polistirol-azo-4-oksi, 3-benzolarson turşusu: $\rightarrow -\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3 - \text{o}(-\text{AsO}_3\text{H}_2, \text{OH})$;
- 5) polistirol-azo-4-oksi, 3-benzoldisirkə turşusu: $\rightarrow -\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3-\text{o}(-\text{COOH})_2$;
- 6) polistirol-azo-4-oksi, 3-benzolmetilendisirkə turşusu: $-\text{C}_6\text{H}_4-\text{N}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_3-\text{o}[\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2, \text{O}]$

Aparılan təcrübələrlə Cr(III) və Bi(III) ionlarının sorbisyasının pH-nın 4,5-6,5 aralığında gerçəkləşdiyi müəyyən olunmuşdur. Göstərilən intervalda ionların 95-98%-nin sorbisya olunduğu müəyyən edilmişdir. Seçilən qatılıqlı model məhlullardan aparılan təcrübələrlə, udulan Cr^{3+} və Bi^{3+} -ionlarının udulan miqdarı onların ilkin və sorbsiyadan sonrakı qatılıqları arasındakı fərqə görə hesablanmışdır. Məlumdur ki, istənilən sorbentin tutumu fərdi şəkildə müəyyən edilməklə, sorbentin yararlılığı haqda informasiya verir[4]. Sorbisya tutumu bir tərəfdən sorbentin tərkibindəki funksional-fəal qrupların miqdarından, digər tərəfdən sistemdəki kənar ionların miqdarından asılı olur. Seçilən qatılıq çox kiçik olduğundan ilkin təcrübələrdə Cr(III) və Bi(III) üçün alınan qiymətlər də çox kiçik

alınmışdır. Məlumdur ki, daha qatı məhlullardan sorbsiya zamanı funksional analitik qrupların miqdarından asılı olaraq daha yüksək sorbsiya tutumları alınacaqdır.

Cədvəl 1.

Araşdırılan sorbentlərin öyrənilən ionlara görə statik sorbsiya tutumları

Element	Statik sorbsiya tutumu (mkq/mq sorbent)					
	1	2	3	4	5	6
Cr	16	34	15	24	9	10
Bi	13	30	12	25	10	11

Hər iki iona qarşı ən yüksək sorbsiya tutumu göstərən sorbent tərkibində benzol halqasında o-vəziyyətdə -COOH və -OH qrupları saxlayan 1- polistirol-azo-3,4-dioksibenzol: $-H_2C-CH-C_6H_4-N=N-C_6H_3-COOH(OH)$ sorbenti və polistirol -azo-4-oksi, 3-benzilarsen turşulu sorbentdir: $-H_2C-CH-C_6H_4-N=N-C_6H_3-(AsO_3H_2)-OH$ funksional qruplu sorbentlərdir. Digər sorbentlər çox kiçik sorbsiya tutumları ilə nə nəzəri, nə də praktik maraq kəsb etmirlər.

Xelatəmələgətirici sorbentlərin turşu-əsas özəllikləri vacib göstərici olub, əhəmiyyətli dərəcədə sorbentlərin seçiciliklərini müəyyən edir. Bu məqsədlə turşu-əsas özəlliklərinin təyini üçün potensiometrik titrləmə yöntəmindən istifadə olunur. İonitlərin funksional qruplarının dissosiasiya sabitlərinin hesablanması Henderson-Hasselbax tənliyindən istifadə olunur (5). Titrlemədən əvvəl sorbentlərin Na^+ ionuna görə statik dəyişmə tutumu öyrənilir. Sorbsiyadan sonrakı məhlul metil qırmızısı və metil göyünün qarışıq indikatorlarının köməyi ilə standart 0,1 N HCl məhlulu ilə titrlənib: $ST_{(Na)} = 20K - 2aK_1 / 10g$ formulu ilə hesablanır. Bu formulda: a- süzməyə sərf olunan 0,1 N HCl məhlulunun həcmi, ml; k- 0,1 N HCl NaOH məhluluna olan düzəliş əmsalını; k- 0,1 N HCl məhluluna olan düzəliş əmsalını, K- 0,1 N HCl məhluluna olan düzəliş əmsalını, g- götürülən sorbentin qramla miqdarını göstərir. Xelat sorbentlərin ionlaşma sabitləri əksər hallarda polimerin alındığı monomerin dissosiasiya sabitinə uyğun gəlir [6]. Lakin sorbentlərin polimer strukturları, onların tərkibindəki əlavə kimyəvi fəal turşu-əsas özəlliklərinə hissediləcək təsirlər göstərə bilirlər. Bu səbədən də bəzi hallarda xelatəmələgətirici sorbentlərin turşu-əsas özəllikləri ilə onların alındığı monomerlərin eyniadlı özəllikləri arasında ciddi fərqlər və uyğunsuzluqlar da meydana çıxır [7]. Hər iki iona görə yüksək sorbsiya tutumu ilə fərqlənən yuxarıda göstərilənlərdən iki sorbentin turşu-əsas özəllikləri aşağıdakı kimi olmuşdur:

Sorbent 1 :

$pK_1 = 6,81;$ $pK_2 = 11,54$
 $pK_1 = 7,50;$ $pK_2 = 12,46$

Sorbent 2 :

$pK_1 = 5,74;$ $pK_2 = 7,57;$ $pK_3 = 9,41$
 $pK_1 = 3,00$ $pK_2 = 5,22;$ $pK_3 = 11,06$

Aromatik halqalı strukturun pozumlası azot atomunun yüksək seçiciliyinə səbəb olur. Bu isə sonucda kompleksionların betain quruluşunun yaranmasına gətirib çıxarır. o-

hidroksibenzilimino disirkə turşusunun İQ- spektroskopik analizi onun dissosiasiyasının pilləli olduğunu düşünməyə əsas verir: pK_2 betain protonunun dissosiasiyasını, pK_3 isə fenol hidroksilinin dissosiasiyasını ifadə edir. (8)-in müəlliflərinin NMR analizi ilə apardığı araşdırmalar da oxşar formulları təsdiq edir. Hidroksifeniliminodisirkə turşusunun izomerlərinin dissosiasiyası zamanı hesablanan pH kəmiyyəti karboksil qrupunun dissosiasiyasını göstərir. İQ-spektrlərdən alınan məlumatlara görə o- izomer əsasən betain formada olur. Bu baxımdan pK_2 -ni betain strukturun protonunun dissosiasiyası kimi qəbul etmək lazımdır. Üzvi reagentlərin və onlar əsasında alınan xelatəmələgətirici polimer sorbentlərin kompleksəmələgətirmə özəlliklərinin tutuşdurulması göstərir ki, bu proseslər zamanı qarşılıqlı təsir daha çox turşu oblasta tərəf sürüşür. Belə ki, 3,4-dioksi-1-azobenzol - 4'- sulfoturşusunun pH_{50} -si xrom(III) ionu ilə 5,5-də, ona oxşar sorbentin (1) pH_{50} -si isə 4,6-ya uyğun gəlir.

Sorbsiya zamanı sıxışdırılıb çıxarılan protonların sayının müəyyən edilməsi funksional analitik qrupların – FAQ kompleksəmələgətirmə prosesində iştirakını göstərir. Sıxışdırılıb çıxarılan protonların sayı “elementin sorbsiya olunma dərəcəsi – pH” asılılıq əyrisindən müəyyən olunur. Bu zaman alınan düz xəttin tangensinin qiymətinə görə ayrılan proton(lar)ın sayı müəyyən edilir. Bütün hallarda xromun (III) PXS ilə qarşılıqlı təsirindən iki proton ayrılır. Element ionlarının sorbsiya parametrləri ilə sorbentlərin funksional analitik qruplarının turşu-əsas özəllikləri arasından korrelyasiya miqdarı proqnoz baxımından son zamanlar özünə geniş perspektiv tapmaqdadır[9]. Hazırda vahid məntiqi korrelyasiya sistemi qurulmuş, bu sistem əsasında çoxlu sayda araşdırmalara işıq tutulmuşdur. Burada birinci növbədə əvəzləyicinin quruluş parametrlərindən (σ_n) funksional analitik qrupunun turşu-əsas özəlliklərinə (pK_{ion}) və onlardan kompleksin (xelatın) pH_n - nə və analitik reaksiyanın (sorbsiyanın) pH_{50} -nə qədər oblast araşdırma obyektı kimi seçilir. Belə asılılıq əsasən tərkibində həm əsasi həm də turşu özəllikli funksional qruplar saxlayan və reaksiyalarda iştirak etməyən, lakin xelatəmələgətirici funksional analitik qrupların turşu-əsas özəlliklərinə təsir edən hallar üçün tətbiq edilir. Öyrəndiyimiz sistemlərdə belə qruplar olmadığından bütün turşu qrupları xelatəmələgətirici funksional analitik qrupun tərkibinə daxil olur. Buna görə də sorbentin funksional analitik qrupunun pK_{ion} -u ilə element ionlarının sorbsiyasının pH_{50} kəmiyyəti arasındakı asılılığı izləmək mümkündür. Bu halda alınan korrelyasiya asılılığını aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:

$$pK_1 = k \cdot pH_{50} + b \quad \text{və ya} \quad pH_{50} = (pK_1 - b) / k$$

Sonuncu formuldakı k - düz xəttin absiss oxuna əyilmə bucağını göstərir: $k = \text{tg} \alpha$. Potensiometrik tirləmə ilə əldə edilən məlumatlar və sorbsiya prosesinin analitik parametrləri nin təyini ilə funksional analitik qrupların ionlaşmasının pK_1 kəmiyyəti və element ionlarının sorbsiyasının pH_{50} -si arasında korrelyasiya asılılığı müəyyən olunmuşdur. Korrelyasiya asılılığı xətti özəllikli olub müstəvi üzərində düz xətt tənliyi ilə yazılır:

$$pK_{ion} = k \cdot pH_{50} + b ; \quad pH_{50} = (pK_{ion} - b) / k$$

burada pH_{50} – element ionlarının 50% -lik sorbsiyasına uyğun mühitin pH- nın qiymətini göstərir.

Öyrənilən xelatəmələgətirici sorbentlərin ionlaşma sabitləri:

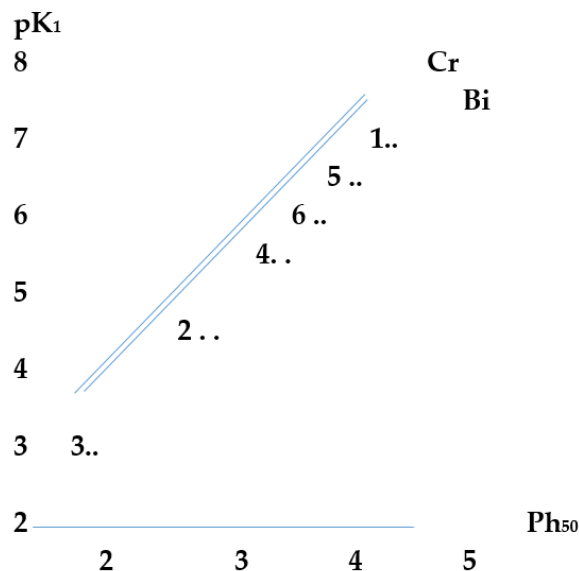
pK_1 - sorbentin funksional analitik qrupunun daha turş qrupunun ionlaşma sabiti göstəricisi;

b- korrelyasiya düz xəttinin ordinat oxundan kəsdiyi parça;

k- korrelyasiya düz xəttinin absis oxuna nəzərən əyilmə bucağının tangensi.

"Xrom(III)" sistemləri üçün: $pK_{ion} = 1,47 \cdot pH_{50} + 0,06$; $pH_{50} = (pH_{ion} - 0,06) / 1,47$

"Bismut(III)- sorbentlər" sistemləri üçün: $pK_{ion} = 2,08 \cdot pH_{50} - 0,29$; $pH_{50} = (pH_{ion} + 0,29) / 2,08$



Şəkil 1. Hər iki ionun sorbsiyası zamanı pH_{50} və funksional analitik qrupların pK_1 -ləri arasındakı korrelyasiya asılılığı

Müəyyən etdiyimiz korrelyasiya asılılıqları göstərir ki, öyrəndiyimiz bir sıra xelat sorbentlər üçün analitik özəlliklər (sorbsiyanın pH_{50} kəmiyyəti) sorbentin özəllikləri ilə (pK_{ion}), ondakı əvəzləyicilər arasında müəyyən miqdari asılılıqlarda ifadə oluna bilər. Sorbentlərin funksional analitik qruplarının pK_{ion} göstəriciləri ilə polixelatların davamlılıq sabitləri arasındakı korrelyasiya araşdırılan sorbentlərin Cr^{3+} və Bi^{3+} ionları ilə həll olmayan xelatlar əmələ gətirməsi ilə bağlı olur. Araşdırılan ionlarla polimer xelat sorbentlərin əmələ gətirdiyi komplekslərin davamlılığı sabiti ilə ($K_{dav.}$) ifadə oluna bilər. Üzvi birləşmələrlə yaranan komplekslərin davamlılığı üzvi kompleksəmələgətiricilərin strukturlarının özəlliklərindən, eləcə də metalın necəliyindən asılı ola bilər. Kompleksəmələgətiricinin strukturu qisminə duz və kompleksəmələ gətirici qruplaşmaların sayı, onların arxitekturası, bütün molekulun arxitekturası və digər amillər aid olur. Bundan başqa mühitin səbəb olduğu xarici amillərdə yaranan komplekslərin davamlılığına ciddi təsir göstərir. Qeyd edilənlərdən başqa komplekslərin davamlılığına üzvi kompleksəmələgətiricinin turşu-əsas özəlliklərinin də ciddi təsiri qaçılmazdır. Aydındır ki, qeyd edilən bütün amillərin nəzərə alınması çətin və problematik olduğundan, onların ayrı-ayrılıqda təsirlərinin öyrənilməsi daha məntiqli olmalıdır. Belə yanaşmalar qismən də olsa fərqli araşdırmaçılar tərəfindən izah edilməyə çalışılmış, fikrimizcə, müsbət sonuclara ulaşılmışdır (10, 11). Davamlılıq sabitinin ($\lg K_{dav.}$) sorbentlərin funksional analitik qruplarının ionlaşma sabitləri ilə tutuşdurulması bu iki kəmiyyət arasında korrelyasiya asılılığı müəyyən etməyə imkan

verdi. Asılılıq xətti özəllikli olduğundan tənlikdə də düz xətt tənliyi formasında verilir: $y = kx + b$ və ya $pK_1 = k \lg K_{\text{dav}} + b$. Bu tənliklərdə $k = \text{tg} \alpha$ (α - düz xəttin absis oxuna nəzərən əyilmə bucağıdır); b - isə ordinat oxundan kəsilən parçaya bərabər kəmiyyətdir.

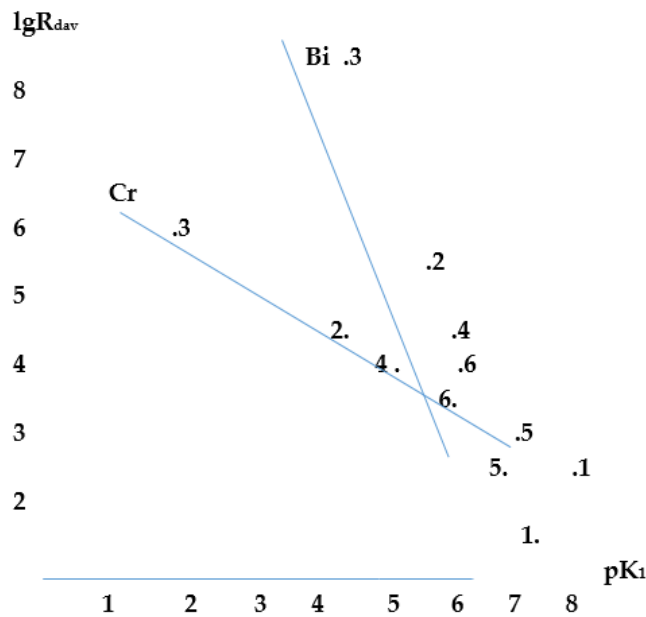
“ Cr^{3+} - sorbentlər” sistemləri üçün:

$$pK_1 = -0,9784 \lg K_{\text{dav}} + 9,0233 \text{ və ya } \lg K_{\text{dav}} = (9,0233 - pK_1) / 0,9786.$$

“ Bi^{3+} - sorbentlər” sistemləri üçün:

$$pK_1 = -1,8259 \lg K_{\text{dav}} + 14,419 \text{ və ya } \lg K_{\text{dav}} = (14,419 - pK_1) / 1,8259$$

$pK_1 - \lg K_{\text{dav}}$ korrelyasiya asılılıqları göstərir ki, öyrənilən kompleks birləşmələrin özəl görüntüləri sorbentlərin funksional qruplarının təbiətindən və onların özəlliklərindən əhəmiyyətli şəkildə asılıdır. Əldə etdiyimiz asılılığı belə ifadə etmək mümkündür: araşdırılan sorbentlərin turşuluq göstəriciləri yüksəldikcə onların Cr(III) və Bi(III) ilə əmələ gətirdikləri kompleks birləşmələrin davamlılıqları xətti şəkildə artır. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, bu zaman tutuşdurulma hər bir sistem üçün “element ionu-sorbent” sistemində nəzərdən keçirilməlidir.



Şəkil 2. Sorbentlərin ionlaşma sabitləri və element ionları ilə sorbent komplekslərinin davamlılıq sabitlərinin tapılması

Sorbent	pH	İonlaşan qruplar
1	6,81 11,54	1-ci hidrokso- qrup 2-ci hidrokso- qrup
2	4,69 7,97	Karboksil qrupu Hidroksil qrupu
3	3,56 5,21	Sulfoqrup Hidroksil qrupu
4	5,27 7,11 8,90	-AsO ₃ H ₂ -AsO ₃ H ⁻ Hidrokso- qrup
5	5,74 7,57 9,41	Karboksil qrupu Betain protonu Hidroksoqrup
6	5,42 7,10 9,37	Karboksil qrupu Betain protonu Hidrokso- qrup

Belə ki, polimer xelat sorbentlər üçün metal ionları ilə kompleksəmələgəlmə prosesi ancaq molyar nisbətlərdə: 1:1, başqa sözlə $m=1$ və $\alpha=1$ olduqda gerçəkləşir. Sulu fazada üzvi reagent $R+iH=HiR$, σ ; proseslərində gerçəkləşə bilər. Metal ionları ilə öz növbəsində



proseslərində iştirak edə bilirlər.

Cr³⁺ ilə uyğun olaraq 1-6 sorbentləri ilə yaranan komplekslərin optimal pH-ları 5,5-9; 4,5-6; 3,5-5,5; 4-6; 4,5-7; 4-6,5, Bi³⁺ üçün isə: 4-6; 3,5-6; 3-5; 4-6; 4-5,5; 4,5,5 aralıqlarında gerçəkləşdiyi müəyyən edilmişdir. Alınan sonuclar göstərir ki, xrom(III) kationları üçün 3-5 funksional analitik qruplu ionitlər daha məqsədəuyğun, bismut(III) kationları üçün isə 2 və 4 sorbentləri daha effektivdir. Bütün qeyd edilənləri yekunlaşdıraraq belə bir sonuca ulaşmaq mümkündür ki, öyrənilən sorbentlərdən yalnız ikisi- 2 və 4 sorbentləri yüksək sorbsiya tutumları ilə xrom(III) və bismut(III) ionlarının sorb siyasində istifadə oluna bilirlər. Bu sorbentlər həm əlverişli turşu-əsas özəlliklərinə, həm də sorbsiya tutumlarına görə sorbentlərə qarşı qoyulan tələblərə müəyyən dərəcədə cavab verə bilirlər.

Sonuclar

1. o-əvəzləyicili polistirol-azo-benzol-4-hidrokso- əsaslı xelatəmələgətirici sorbentin Cr(III) və Bi(III)-ü sulu məhlullardan seçilən uyğun optimal şəraitlərdə miqdarı qatılaşdırmaları müəyyən edilmiş, öyrənilən sorbentlərin Cr(III) və Bi(III) ilə əmələ gətirdikləri polimer komplekslərin davamlılıq sabitləri müəyyən edilmişdir.

2. Qeyd edilən sorbentlə xromun(III) sorbsiyası zamanı 1, bismutun(III) sorbsiyasında isə 2 protonun sıxışdırılıb çıxarılması müəyyən edilmişdir.

3. Polistirol-azo-3,4-dioksibenzol törəmələri üçün pK_1 və pH_{50} parametrlərinin tutuşdurulması bunlar arasında xətti korrelyasiyanın mövcudluğunu göstərmiş, bu korrelyasiyaları ifadə edən xətti tənliklər təklif edilmişdir. Yaranan xelatların davamlılığının sorbentin funksional analitik qrupunun turşu özəl liyindən miqdarı asılılığını ifadə edən $pK_1 - \lg K_{\text{dav}}$ korrelyasiya asılılığı müəyyən edilmiş və uyğun tənlik təklif edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Chan, W.H., Lam-Leung, S.Y., Cheng, K.W., Yip, Y.C. Synthesis and characterization of iminodi asetatic acidsellulose sorbent and its analytical and environmental application in metal ion extaction/ Analytical Letters, 1992, vol.25, № 2, p.305-320
2. Elci, L., Soylak, M., Dogan, M. Preconcentration of trace metals in river waters by the application of chelate adsorption on Amberlite XAD-4/ Fresenius' J.Analytical Chemistry.-1992, vol.342, № 1-2, p.175-178
3. İ-Hsien Lee, Yu-Chung Kuan, Jia-Ming Chren. Equilibrium and kinetics of heavy metal ion exchange / Journal of ChineseInstitute of Chemical Engineers, 2007, vol.38, p.71-84
4. Басаргин, Н.Н. Корреляции и прогнозирование аналитических свойств органических реагентов и хелатных сорбентов. М.: 1986. Наука, 200 с.
5. Коростелев, П.П. Фотометрический и комплексометрический анализ в металлургии. М.: 1984, Ме таллургия,. 272 с.
6. Кузьмин, Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. М.:Наука, 1988. 218 с.
7. Лаврухина, А.К., Юкина, Л.В. Аналитическая химия хрома. М: 1979. Наука, 222 с.
8. Мур Дж.В., Рамамурти, С. Тяжелые металлы в природных водах. М: 1987. Мир, 286 с.
9. Мясоедова, Г.В., Саввин, С.Б. Хелатообразующие сорбенты. М.: Наука, 1984. 171 с.
10. Полянский, Н.Г., Горбунов, Г.В., Полянская, Н.Л. Методы шсследования ионитов.- М.:Химия, 1976. 286 с.
11. Салдадзе, К.М., Копылова-Валова В.Ф.Комплексообразующие иониты. М.: 1980. Химия, 336 с.

MÜASİR RESTORATİV STOMATOLOGİYADA NANOHİBRİD KOMPOZİTLƏRİN VƏ KERAMİKA MATERİALLARININ KLİNİK VƏ MEXANİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

ZABİTƏ HÜSEYNOVA

zabitehuseynova@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-9672-2122>

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Naxçıvan, Azərbaycan

XÜLASƏ

Müasir restorativ stomatologiyada nanohibrid və nanofilled kompozitlər, bioaktiv rezinlər və keramika əsaslı materiallar həm anterior, həm də posterior dişlərin bərpasında estetik və funksional üstünlük təmin edir. Bu materiallar səth parlaqlığı, rəng sabitliyi, elastiklik modulu, aşınma müqaviməti və marginal uyğunluq baxımından yüksək performans göstərir. Nanohibrid kompozitlərdə nanohissəciklərin homojen paylanması polimerizasiya büzülmə gərginliyini azaldır, səth hamarlığını artırır və uzunmüddətli estetik nəticələr təmin edir. Klinik və laboratoriya araşdırmaları nanohibrid və nanofilled kompozitlərin hibrid və mikrohibrid materiallara nisbətən yüksək aşınma müqaviməti, minimal qırılma riski və etibarlı marginal uyğunluq göstərdiyini təsdiqləyir. Nanotexnologiyanın tətbiqi materialların mexaniki, estetik və antibakterial xüsusiyyətlərini yaxşılaşdıraraq restorasiya materiallarının uzunömürlülüynü gücləndirir. Keramika əsaslı materiallar, xüsusilə zirkonyum oksid və litium-disilikat sistemləri, yüksək sərtlik və qırılma müqavimətinə malikdir, CAD/CAM texnologiyası ilə hazırlanmış bərpalar dəqiq kənar uyğunluq və uzunmüddətli funksional davamlılıq göstərir. Ümumilikdə, mövcud ədəbiyyat nanohibrid və nanofilled kompozitlərin, bioaktiv rezinlərin və keramika materiallarının restorasiya prosedurlarında klinik effektivliyini və uzunömürlülüynü təsdiqləyir, material seçimi və tətbiq texnikasının funksional və estetik nəticələr üçün həlledici olduğunu vurğulayır.

Açar sözlər: *nanohibrid kompozit, nanofilled kompozit, bioaktiv rezin, keramika materialları*

Giriş

Müasir dövrdə stomatologiyada geniş şəkildə istifadə olunan kompozit və keramika materialları, xüsusilə nanohibrid kompozitlər və zirkonyum oksid, litium disilikat əsaslı keramika sistemləri laboratoriya və klinik tədqiqatlarda ətraflı formada araşdırılmışdır.

1. Qeyri-üzvi doldurucu hissəciklərin ölçüsünə görə kompozitlərə aşağıdakı kimi təsnifat verilmişdir: (Ferracane, 2011; Sakaguchi & Powers, 2012). (1), (2).

a) Makrodoldurucu (Makrofil) kompozitlərin hissəcik ölçüsü: 10 – 100 µm. Xüsusiyyəti: Yüksək mexaniki möhkəmlik, lakin kobud səth və çətin cilalanma.

b) Minidoldurucu (Minifil) kompozitlərin hissəcik ölçüsü: 0,1 – 1 µm. Makrodoldurucuya nisbətən daha hamar səth və yaxşı cilalanma xüsusiyyəti.

c) Mikrodoldurucu (Mikrofil) kompozitlərin hissəcik ölçüsü: 0,04 – 0,4 µm. Parlaq və estetik səth, lakin aşağı mexaniki dayanıqlıq xüsusiyyəti.

d) Hibrid doldurucu kompozitlərin hissəcik ölçüsü: 0,1 – 5 μm (qarışıq hissəciklər). Makro və mikro hissəciklərin qarışığıdır, mexaniki möhkəmlik və estetik xüsusiyyətləri balanslı şəkildədir.

e) Nanodoldurucu (Nanofil / Nanohibrid) kompozitlərin hissəcik ölçüsü: 0,005 – 0,1 μm . Parlaq səth, yüksək cilalanma qabiliyyəti, aşınmaya qarşı dayanıqlıq və az büzülmə xüsusiyyəti.

Tərkibindəki qeyri-üzvi doldurucunun ölçüləri nə qədər kiçik olarsa kompozitin estetik effekti o qədər yüksək olur, həmçinin səthi daha hamar, yaxşı pardaxlana bilən, parıltılı və sürtülməyə qarşı daha davamlı olur, əksinə möhkəmlik, su hopdurma və rəng stabilliyi göstəriciləri o qədər pisləşir; qeyri-üzvi doldurucunun ölçüləri nə qədər böyük olarsa, materialın estetik effekti və həcm dəyişməsi o qədər aşağı olur, həmçinin kələ-kötür, parıltısız səth və yüksək sürtülmə göstəriciləri olur, əksinə möhkəmliyi isə daha yaxşı olar (Ferracane, 2011; Sakaguchi & Powers, 2012). (1), (2).

Jandt və Sigusch (2017) (3) araşdırmasında nanohibrid kompozitlər ənənəvi mikrohibrid materialların restorasiya uzunömürlülüüyü, marginal uyğunluğu və qırılma riski müxtəlif klinik tədqiqatlarla müqayisə edilmiş, arxa dişlərin birbaşa restorasiya prosedurlarında nanohibrid kompozitlər kliniki olaraq uzunmüddətli performansda, aşınma müqavimətində və estetik-funksional nəticələrdə üstünlük göstərmişdir. Ilie və Rencz (2018) (4) tərəfindən nanohibrid və mikrohibrid kompozitlərin mexaniki və estetik xüsusiyyətləri müqayisə olunmuşdur. Müəlliflər bükülmə, sıxılma, mikrosertlik və səth parlaqlığı kimi parametrləri ölçərək, nanohibridlərin daha sabit mexaniki performansla malik olduğunu aşkar etmişlər. Nanohibridlərdə nanohissəciklərin homojen paylanması nəticəsində səth daha hamar olur və rəng sabitliyi uzunmüddətli dövrdə daha yaxşı qorunur. Eyni zamanda, nanohibridlərdə elastiklik modulu daha balanslı olduğundan, onlar həm ön, həm də arxa dişlərdə klinik cəhətdən etibarlı və estetik bərpa imkanı verir. Bu nəticələr nanohibrid kompozitlərin estetik stomatologiyada əsas material qrupuna çevrildiyini sübut edir.

Nanotexnologiyanın stomatoloji materiallara tətbiqinin fundamental əsasları isə Mitra, Wu və Holmes (2003) (5) tərəfindən qoyulmuşdur. Müəlliflər nanohissəciklər (20-75 nm arası) əlavə etməklə yeni nəsil kompozit materialların hazırlanmasını və onların xüsusiyyətlərinin təkmilləşdirilməsini təsvir edirlər. Nəticələr göstərmişdir ki, nanohibrid kompozitlərdə parlaqlıq, səth hamarlığı və aşınma müqaviməti klassik mikrohibrid materiallarla müqayisədə xeyli yüksəkdir. Bundan əlavə, nanohissəciklərin homogen paylanması işıqla bərkimə prosesini də optimallaşdırır və polimerizasiya büzülmə gərginliyini azaldır. Məqalə göstərir ki, nanoteknologiya stomatoloji materialların estetik və funksional keyfiyyətini birləşdirərək bütün qrup dişlərin bərpası üçün idealdır, yeni nəsil stomatoloji materialların inkişafında əsas rol oynadığını vurğulayır.

Son illərdə nanohibrid və nanofilled rezin əsaslı kompozitlər arxa dişlərin birbaşa restorasiya prosedurlarında funksional və estetik üstünlük təşkil edir. Heintze, Ilie, Hickel və Reis (2015) (6) 30-dan çox klinik araşdırmanı əhatə edən, nanohibrid kompozitlərin arxa dişlərdə klinik performansını qiymətləndirən meta-analizdə göstərmişdir ki, nanohibrid kompozitlər yüksək aşınma müqavimətinə, minimal polimerizasiya büzülməsinə və yaxşı marginal uyğunluğa malikdir. Bu materiallar həm estetik, həm də funksional tələbləri

qarşılayır və uzunmüddətli restorasiya üçün etibarlı seçimdir. Daha sonra Heintze və Rousson (2016) (7) birbaşa II sinif restorasiyanın effektivliyini qiymətləndirmək üçün aparılan meta-analizdə nanohibrid və mikrohibrid kompozitlərin amalgam və digər ənənəvi materiallarla müqayisədə oxşar uzunömürlülük və aşağı qırılma riski təqdim etdiyini, klinik qərarların, material seçiminin və bərpa texnikasının uzunömürlülük və funksionallıq baxımından əhəmiyyətini vurğulamışdır.

Cheraghiyan (2024) (8) tədqiqatında nanotexnologiyanın stomatologiyada mövcud və gələcək tətbiq perspektivlərini qiymətləndirir. Müəllif bildirir ki, nanohissəciklər kompozitlərdə, bərpa materiallarında və ağız sağlamlığı məhsullarında mexaniki gücü, estetik xüsusiyyətləri və antibakterial təsiri artırır. Bu cür xüsusiyyətlər, restorasiya materiallarının həm uzunömürlülüüyünü, həm də klinik tətbiq baxımından effektivliyini yüksəldir və gələcək tədqiqatlar üçün material inkişafında perspektiv açır.

Akbəri və həmkarlarının (2024) (9) tədqiqatının məqsədi stomatologiyada nanokompozit örtüklərin tətbiq və üstünlüklərini icmal etməkdir. Nanokompozitlərin diş bərpası, estetik və antibakterial funksiyaları təhlil olunub. Nanokompozit örtüklər mexaniki dayanıqlığı və müdafiə funksiyasını artırır; səth sərtliliyini və estetik keyfiyyəti yaxşılaşdırır. Nanokompozitlər stomatoloji restorasiya materiallarının uzunömürlülüüyünü və funksionallığını artırır, xüsusilə antibakterial xüsusiyyətlər onların klinik effektivliyini yüksəldir.

Baroudi və həmkarları (2020) (10) tərəfindən müxtəlif klinik tədqiqatlardan uzunmüddətli restorasiya nəticələri toplanıb və analiz edilib, aparılan sistematik icmal və meta-analizdə nanohibrid və nanofilled kompozitlərin arxa diş restorasiya prosedurlarında klinik performans müqayisə edilib, nəticədə üstün aşınma müqaviməti, marginal uyğunluq və qırılmaya qarşı müqavimət nümayiş etdirib. Hibrid kompozitlərlə müqayisədə nanohibrid və nanofilled materiallar uzunömürlülük və estetik nəticələr baxımından üstünlük təmin edir, nanohibrid və nanofilled kompozitlər posterior diş restorasiya prosedurlarında etibarlı və funksional seçimdir.

Cramer, Stansbury və Bowman (2011) (11) isə kompozit stomatoloji bərpa materiallarındakı son inkişafı və nanotexnologiyanın rolunu icmal etmişdir. Onlar nanohibrid və nanofilled kompozitlərin kimyəvi tərkibi, mexaniki və estetik xüsusiyyətlərini təhlil etmişdir. Nanohibrid kompozitlər elastiklik, sərtlilik və estetik keyfiyyət baxımından inkişaf etmiş performans göstərir; nanotexnologiya materialların uzunömürlülüüyünü və klinik effektivliyini artırır, həm ön, həm də arxa dişlərin restorasiya prosedurlarında etibarlı seçimdir.

Alrahlah (2018) (12) tərəfindən bioaktiv rezin əsaslı stomatoloji bərpa materiallarının mexaniki xüsusiyyətlərini qiymətləndirilmişdir. Laboratoriya testləri aparmışdır, diametral gərginlik, əyilmə gücü və səth mikrosərtliliyini ölçüb göstərmişdir ki, bioaktiv rezinlər yaxşı əyilmə və gərginlik müqavimətinə sahibdir, səth sərtliliyi isə klinik istifadə üçün kifayət qədər yüksəkdir. Bioaktiv rezinlər funksional dayanıqlıq və diş toxuması ilə uyğunluq baxımından klinik restorasiya prosedurlarında etibarlı seçimdir.

Ümumilikdə, həm klinik meta-analizlər, həm laboratoriya tədqiqatları göstərir ki, nanohibrid və nanofilled kompozitlər posterior diş restorasiya prosedurlarında yüksək aşınma müqaviməti, estetik uyğunluq və uzunömürlülük təmin edir. Nanotexnologiyanın tətbiqi isə bu üstünlükləri daha da gücləndirərək restorasiya materiallarının həm

funksional, həm də estetik baxımdan üstün performans göstərməsini təmin edir. Bu məlumatlar stomatoloqlara material seçimi və restorasiya texnikası barədə elmi əsaslı qərarlar verməyə imkan yaradır.

Son illərdə stomatologiyada zirkonyum oksid (ZrO_2) və digər keramika əsaslı materiallar həm ön, həm də arxa dişlərin bərpasında geniş istifadə olunur. Denry və Kelly (2014) (13) zirkoniyanın yüksək mexaniki dayanıqlığı, biouyğunluğu və estetik görünüşünü vurğulayaraq, polikristallik quruluş, fəzada stabiliteti və qırılma mexanizmi kimi faktorların klinik performans təsirini təhlil etmişdir. Nəticələr göstərir ki, zirkonyum oksid əsaslı bərpa materialları yüksək yük daşıyan protezlər üçün metal alternativini kimi effektivdir, uzunömürlüdür və estetik üstünlükləri çoxdur. Həmçinin müəlliflər feldspatik, litium disilikat və zirkonyum oksid əsaslı materialların mexaniki xüsusiyyətlərini, aşınma müqavimətini və estetik görünüşünü müqayisə edərək yeni keramika materiallarının yüksək sərtlilik, davamlılıq və parlaqlıq təmin etdiyini, bunun estetik bərpa və kronlarda prioritet seçim olmasını göstərmişdir.

Kelly və Benetti (2011) (14) keramika materiallarının tarixi inkişafını və əvvəlki keramika sistemlərdən müasir zirkoniya və litium disilikat əsaslı sistemlərə keçidi və müasir klinik tətbiqlərini təqdim etmiş, zirkoniya və litium disilikat əsaslı sistemlərin biouyğunluğunu, estetik performansını və mexaniki dayanıqlığını vurğulamışdır. Həmçinin müəlliflər həm ön, həm də arxa dişlərin estetik və funksional cəhətdən restorasiya prosedurlarında optimal keramika seçiminin əhəmiyyətini göstərirlər.

Lawson və Burgess (2014) (15) kompozit və keramika materiallarının kimyəvi tərkibi, fiziki-mexaniki performansı və estetik xüsusiyyətlərini müqayisə etmiş, keramikanın sərtliyi və aşınma müqavimətinin kompozitlərdən üstün olduğunu, lakin kompozitlərin elastiklik və estetik uyğunluq baxımından üstün tərəfləri olduğunu göstərmişdir. Keramika materiallar, xüsusilə zirkonyum oksid və litium disilikat, yüksək mexaniki dayanıqlıq və uzunömürlülük göstərir, lakin daha sərt və qırılmağa meyillidir.

Spitznagel və həmkarları (2018) (16) CAD/CAM texnologiyası ilə hazırlanmış keramika bərpa materiallarının laboratoriya və klinik xüsusiyyətlərini, həmçinin feldspatik, litium disilikat və zirkonyum oksid əsaslı materialların mexaniki və estetik xüsusiyyətlərini laboratoriya testləri və klinik məlumatlar əsasında qiymətləndirərək CAD/CAM sistemlərinin dəqiq uyğunluq, yüksək səth parlaqlığı və uzunömürlülük təmin etdiyini, buna görə də həm ön, həm də arxa dişlərin bərpasında klinik üstünlük yaratdığını qeyd etmişdir.

Ho və Matinlinna (2011) (17) müxtəlif keramika materiallarının xüsusən feldspatik, litium disilikat və zirkonyum oksid sistemlərinin sərtlilik, aşınma müqaviməti və estetik performansını müqayisə etmiş, klinik praktikada material seçimində mikrostruktur və istehsal texnologiyasının nəzərə alınmasının uzunömürlülük və estetik nəticələr üçün vacibliyini vurğulamışdır.

Zhang və Lawn (2018) (18) isə yeni nəsil zirkonyum əsaslı keramika materiallarının stomatoloji tətbiqlərini və mexaniki xüsusiyyətlərini laboratoriya testləri və klinik məlumatlar əsasında qiymətləndirmiş, dopad zirkonyum və tetrasik zirkonyum oksidlərin sərtlilik, qırılma müqaviməti, uzunömürlülük və estetik uyğunluqda üstünlük təmin etdiyini göstərmişdir.

Material və metodlar

Sistematik ədəbiyyat icmalının məqsədi stomatologiyada istifadə olunan nanohibrid və nanofilled kompozit, həmçinin keramika əsaslı bərpa materiallarının kimyəvi tərkibi, fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri və klinik-laboratoriya tətbiqlərinə dair mövcud tədqiqatları müqayisəli şəkildə qiymətləndirməkdir. Təhlilə 2003-2024-cü illər arasında nəşr edilmiş 19 yüksək etibarlı elmi məqalələr, klinik meta-analizlər, laboratoriya (in vitro) tədqiqatları və stomatoloji materialşünaslıq üzrə dərş vəsaitləri daxil edilmişdir. Araşdırmaya daxil edilən məlumatlar həm in vitro (kimyəvi tərkibi, nanohissəciklərin rolu, polimer matrisa və doldurucu hissəciklərin xüsusiyyətləri, mexaniki dayanıqlıq, bükülmə-sıxılma testi, mikrosərtlilik, rəng sabitliyi, elastiklik modulu, aşınma müqaviməti, polimerizasiya büzülməsi, səth hamarlığı və optik xüsusiyyətlər), həm də in vivo/klinik (marginal uyğunluq, qırılma riski, uzunömürlülük, estetik sabitlik) tədqiqatlardan əldə edilmişdir. Kompozit materiallarda doldurucu hissəcik ölçüsü, polimer matrisa tərkibi, polimerizasiya davranışı, işıqla bərkimə dərinliyi və səth xüsusiyyətləri kimi parametrlər; keramika əsaslı materiallarda isə mikrostruktur, faza sabilliyi, qırılma dayanıqlığı, aşınma müqaviməti və CAD/CAM istehsal texnologiyalarının təsiri analiz edilmişdir (Ferracane, 2011; Jandt & Sigusch, 2017; Ilie & Rencz, 2018; Mitra, Wu, & Holmes, 2003; Heintze et al., 2015; Heintze & Rousson, 2016; Cheraghiyan, 2024; Akbari et al., 2024; Baroudi et al., 2020; Cramer, Stansbury & Bowman, 2011; Alrahlah, 2018; Denry & Kelly, 2014; Kelly & Benetti, 2011; Lawson & Burgess, 2014; Spitznagel et al., 2018; Ho & Matinlinna, 2011; Zhang & Lawn, 2018).

Mənbələrdə aşağıdakı parametrlər sistemli şəkildə müqayisə olunmuşdur:

a) Kimyəvi tərkib: rezin əsaslı kompozitlərin matrisa komponentləri (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA və s.); doldurucu hissəciklərin tərkibi və ölçüsü (SiO_2 , ZrO_2 , BaAlSiO_2 və s.); keramika materiallarının polikristallik strukturu, faza sabilliyi (Y-TZP); nanohissəciklərin ölçü paylanması (20–75 nm).

b) Fiziki və mexaniki xüsusiyyətlər: aşınma müqaviməti və mikrosərtlilik; əyilmə və sıxılma gücü; elastiklik modulu; polimerizasiya büzülməsi və işıqla bərkimə dərinliyi; keramikalarda qırılma möhkəmliyi (MPa), Vickers sərtliyi, termal genişlənmə.

c) Klinik performans və tətbiq sahələri: ön və arxa dişlərdə birbaşa və dolayı bərpalar; posterior restorasiyalarda uzunömürlülük göstəriciləri; CAD/CAM sistemlərində istifadəsi və uyğunluq dəqiqliyi; bioaktivlik və remineralizasiya potensialı.

Ədəbiyyat icmalı PRISMA meyarlarına uyğun şəkildə aparılmışdır. Hər məqalədə istifadə olunan eksperimental metodlar (məsələn, aşınma-bükülmə testi, mikrosərtlilik ölçümü, SEM analiz, nanoindentasiya, termal dövrələmə, klinik uzunmüddətli qiymətləndirmə meyarları) müvafiq məqalələrdə ətraflı təsvir olunduğundan burada yalnız ümumi metodoloji yanaşmalar təqdim olunmuşdur. İcmalın aparılmasında sistematik təhlil prinsipləri tətbiq olunmuş və müxtəlif müəlliflərin nəticələri müqayisəli şəkildə analiz edilmişdir.

Nəticələr

1. Nanohibrid və mikrohibrid kompozitlərin klinik performansı:

Ədəbiyyatın geniş təhlili nəticəsində müxtəlif klinik və laboratoriya araşdırmaları göstərir ki, nanohibrid kompozitlər ənənəvi mikrohibrid materiallarla müqayisədə arxa dişlərin birbaşa restorasiya prosedurlarında daha yüksək aşınma müqaviməti, daha yaxşı marginal uyğunluq və daha aşağı qırılma riski nümayiş etdirir (Jandt & Sigusch, 2017; Heintze et al., 2015; Baroudi et al., 2020). Nanohissəciklərin homogen paylanması işıqla bərkimə prosesini optimallaşdırır, polimerizasiya büzülməsini azaldır və uzunömürlülüüyü artırır (Mitra, Wu & Holmes, 2003; Ilie & Rencz, 2018). Nanohibrid və nanofilled kompozitlərdə səth hamarlığı, rəng sabitliyi, mikrosərtlilik və elastiklik modulu daha stabil nəticələr göstərir ki, bu xüsusiyyətlər onlara həm ön, həm də arxa dişlərin bərpası üçün klinik cəhətdən etibarlılıq və estetik baxımdan üstünlük qazandırır (Ilie & Rencz, 2018; Cramer et al., 2011).

2. Nanotexnologiyanın kompozitlərin fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinə təsiri:

Nanohissəciklərin 20–75 nm ölçülərində kompozitlərə əlavə olunması materialların mexaniki dayanıqlığını, elastiklik modulunu və polimerizasiya prosesinin stabilliyini artırır (Mitra, Wu & Holmes, 2003; Cramer, Stansbury & Bowman, 2011). Polimerizasiya büzülmə gərginliyinin azalması və işıqla bərkimə dərinliyinin artması restorasiya keyfiyyətinin yaxşılaşma səbəbidir. Nanoteknologiya kompozit materialların mexaniki davamlılığını, antibakterial xüsusiyyətlərini və estetik performansını artırır. Tədqiqatlar göstərir ki, nanohissəciklər materialın strukturunda daha sıx və stabil matrisə yaradır, bu isə həm funksional, həm də estetik nəticələri yaxşılaşdırır (Cheraghiyan, 2024; Akbari et al., 2024).

3. Posterior diş restorasiya prosedurlarında nanohibrid və nanofilled kompozitlərin üstünlüyü:

30-dan çox klinik araşdırmanın meta-analizi göstərir ki, nanohibrid və nanofilled kompozitlər arxa diş restorasiya prosedurlarında yüksək uzunömürlülük, minimal qırılma riski və güclü funksional dayanıqlıq təmin edir (Heintze & Rousson, 2016; Baroudi et al., 2020). Bu materiallar həm estetik, həm də funksional parametrlər baxımından optimal nəticələr göstərir.

4. Bioaktiv rezin əsaslı materialların mexaniki xüsusiyyətləri:

Bioaktiv rezinlər diametral gərginlik, əyilmə gücü və mikrosərtlilik göstəricilərinə görə klinik istifadə üçün kifayət qədər yüksək mexaniki dayanıqlıq nümayiş etdirir. Bu materiallar diş toxuması ilə qarşılıqlı əlaqəni yaxşılaşdıraraq remineralizasiya potensialını artırır (Alrahlah, 2018).

5. Keramika əsaslı materialların klinik performansı:

Zirkonyum oksid və litium disilikat əsaslı keramika materialların yüksək mexaniki dayanıqlıq, biouyğunluq və estetik keyfiyyətlər göstərdiyi müəyyən edilmişdir (Denry & Kelly, 2014; Kelly & Benetti, 2011). Bu materiallar sərtlilik, qırılma müqaviməti və parlaqlıq kimi xüsusiyyətlərinə görə həm ön, həm də arxa diş bərpaları üçün geniş şəkildə istifadə olunur.

5. Zirkonyum oksid və digər keramika əsaslı materialların üstünlükləri:

Keramika materialları, xüsusən zirkonyum oksid və litium disilikat — yüksək mexaniki dayanıqlıq, biouyğunluq və estetik görünüşləri ilə seçilir (Denry & Kelly, 2014; Kelly & Benetti, 2011; Lawson & Burgess, 2014). Polikristallik struktur, transformasiya şərtləşməsi və CAD/CAM texnologiyası ilə dəqiq hazırlanma bu materialların uzunömürlülüynü artırır (Spitznagel et al., 2018; Ho & Matinlinna, 2011).

6. CAD/CAM keramika sistemlərinin üstünlükləri:

CAD/CAM texnologiyası ilə hazırlanan keramika bərpalar yüksək uyğunluq, səth keyfiyyəti və uzunömürlülük təmin edir. Litium disilikat və zirkonyum oksid əsaslı CAD/CAM materiallar müasir estetik stomatologiyada prioritet seçim kimi təqdim olunur (Spitznagel et al., 2018).

7. Kompozit və keramika materiallarının müqayisəsi:

Kompozitlər elastiklik, yenidən təmir olunma qabiliyyəti və estetik adaptasiya baxımından, keramika materialları sərtlilik, aşınma müqaviməti və struktur davamlılıq baxımından üstün hesab olunur (Lawson & Burgess, 2014). Müasir zirkonyum oksid əsaslı materiallar isə həm estetik, həm də mexaniki xüsusiyyətlərin balansını təmin edir (Zhang & Lawn, 2018). Material seçimi klinik vəziyyət, yük daşıma ehtiyacı və estetik tələblərə əsasən dəyişir.

Ümumi nəticə

Təhlil olunan 19 geniş ədəbiyyat göstərir ki, nanohibrid və nanofilled kompozitlər posterior diş restorasiya prosedurlarında yüksək aşınma müqaviməti, estetik sabitlik və uzunömürlülük təmin edir. Eyni zamanda zirkonyum oksid və litium disilikat əsaslı keramika materialları həm ön, həm də arxa dişlərin bərpasında yüksək mexaniki dayanıqlıq və estetik uyğunluq göstərir. Nanotexnologiyanın tətbiqi materialların struktur sabilliyini artırır, aşınmanı azaldır və klinik performansını optimallaşdırır. Keramika əsaslı sistemlər, xüsusilə zirkonyum oksid və litium disilikat, yüksək yüklənmənin olduğu sahələrdə funksional və estetik baxımdan etibarlı seçimdir. Nanotexnologiyanın stomatoloji materiallara tətbiqi bu materialların funksional və estetik performansını gücləndirərək klinik effektivliyi artırır. Bu nəticələr stomatoloqlara material seçimi və restorasiya strategiyalarında elmi əsaslı qərar vermək üçün mühüm baza yaradır.

Müzakirə

Mövcud ədəbiyyat nanohibrid və nanofilled kompozitlərin, bioaktiv rezinlərin və keramika əsaslı stomatoloji materialların posterior dişlərin restorasiya prosedurlarında yüksək funksional və estetik performans nümayiş etdirdiyini göstərir. Bu materialların üstünlükləri əsasən aşağıdakı sahələrdə toplanır: mexaniki dayanıqlıq və elastiklik modulunun optimallaşdırılması, səth parlaqlığı və rəng sabitliyinin artırılması, həmçinin marginal uyğunluq və uzunömürlülük. Bu göstəricilər nanohissəciklərin homogen paylanması, polimerizasiya büzülmə gərginliyinin azaldılması və ion buraxımı yolu ilə mına/dentin qarşılıqlı təsiri kimi mexanizmlərlə əlaqələndirilmişdir (Jandt & Sigusch, 2017; Ilie & Rencz, 2018; Mitra et al., 2003; Heintze et al., 2015; Cheraghiyan, 2024).

Nanohibrid kompozitlərin klinik üstünlükləri bir neçə aspektdə sübut edilmişdir. Arxa dişlərin birbaşa restorasiyalarında nanohibrid materiallar mikrohibrid kompozitlərə nisbətən daha yüksək aşınma müqaviməti, uzunmüddətli performans və estetik-funksional nəticələr göstərir (Jandt & Sigusch, 2017). Mexaniki testlər (bükülmə, sıxılma, mikrosərtlilik) və estetik parametrlər (səth parlaqlığı, rəng sabitliyi) nanohibridlərin daha balanslı elastiklik moduluna və uzunmüddətli performansla malik olduğunu təsdiqləyir (Ilie & Rencz, 2018). Meta-analizlər bu nəticələri dəstəkləyərək nanohibrid/nanofilled kompozitlərin II sinif restorasiyalarda yüksək aşınma müqaviməti, minimal polimerizasiya büzülməsi, yaxşı marginal uyğunluq və aşağı qırılma riski nümayiş etdirdiyini təsdiqləyir (Heintze et al., 2015; Heintze & Rousson, 2016).

Nanotexnologiyanın stomatoloji materiallara tətbiqi materialların həm estetik, həm də funksional keyfiyyətlərini artırır. Nanohissəciklərin əlavə olunması səth hamarlığını və rəng sabitliyini optimallaşdırır, işıqla bərkimə prosesinin effektivliyini yüksəldir və polimerizasiya büzülmə gərginliyini azaldır (Mitra et al., 2003; Cheraghiyan, 2024; Akbari et al., 2024). Bioaktiv rezin əsaslı materiallarda ion buraxımı dentin və mina ilə qarşılıqlı təsiri gücləndirir, remineralizasiya potensialını artırır və klinik funksionallığı dəstəkləyir (Alrahlah, 2018; Akbari et al., 2024).

Keramika əsaslı materiallar, xüsusilə zirkonyum oksid və litium-disilikat sistemləri, yüksək mexaniki dayanıqlıq, qırılma müqaviməti və estetik performansı ilə fərqlənir (Denry & Kelly, 2014; Kelly & Benetti, 2011; Lawson & Burgess, 2014; Zhang & Lawn, 2018). Klinik və laboratoriya məlumatlarına əsasən CAD/CAM texnologiyasının tətbiqi keramika bərpalarının dəqiq kənar uyğunluğunu, yüksək səth keyfiyyətini və uzunömürlülüynü daha da yaxşılaşdırır (Spitznagel et al., 2018; Ho & Matinlinna, 2011). Lakin keramika materialları sərt və qırılmağa meyilli olduğundan elastiklik və diş toxuması ilə uyğunluq baxımından kompozit materiallardan fərqlənir.

Tədqiqatlar göstərir ki, həm laboratoriya, həm də klinik nəticələr nanohibrid və nanofilled kompozitlərin, bioaktiv rezinlərin və keramika əsaslı materialların posterior dişlərin restorasiya prosedurlarında funksional və estetik üstünlük təmin etdiyini dəstəkləyir. Lakin heterogen metodoloji yanaşmalar (in vitro vs. in vivo dizayn, test parametrləri, konsentrasiya və tətbiq müddəti fərqləri) nəticələrin müqayisəsini çətinləşdirir və gələcək tədqiqatlar üçün standartlaşdırılmış protokollar tələb olunur.

Gələcək istiqamətlər aşağıdakılardır:

1. Nanohibrid və nanofilled kompozitlərdə nanohissəcik paylanması, elastiklik modulu və polimerizasiya gərginliyi ilə əlaqəli parametrlərin qiymətləndirilməsi, həmçinin bu kompozitlərin uzunmüddətli klinik performansının geniş miqyaslı, standartlaşdırılmış sınaqlarda dəyərləndirilməsi.

2. Fərqli bərkidilmə texnologiyaları və nanotexnologiya modifikasiyalarının materialın mexaniki və estetik xüsusiyyətlərinə təsirinin laboratoriya və klinik tədqiqatlarla müqayisəsi.

3. Bioaktiv və remineralizasiya potensialı: ion buraxımı və dentin/mina qarşılıqlı təsirinin in vivo təsirlərinin öyrənilməsi.

4. Keramika və kompozit materialların birgə istifadəsi və hibrid bərpa texnologiyalarının funksional və estetik effektivliyinin qiymətləndirilməsi.

5. CAD/CAM texnologiyasının optimallaşdırılması: keramika bərpa materiallarının estetik və funksional performansının artırılması.

6. Nanokompozitlərin antibakterial təsiri və oral mikrobiom üzərində uzunmüddətli klinik effektlərinin qiymətləndirilməsi.

Nəticə olaraq, mövcud ədəbiyyat nanohibrid və nanofilled kompozitlərin, bioaktiv rezinlərin və keramika əsaslı materialların stomatoloji restorasiya prosedurlarında yüksək mexaniki dayanıqlıq, estetik uyğunluq və uzunömürlülük təmin etdiyini göstərir. Nanotexnologiya və CAD/CAM texnologiyasının tətbiqi bu üstünlükləri daha da gücləndirir və klinik qərarvermədə elmi əsaslı yanaşmanın inkişafını dəstəkləyir.

ƏDƏBİYYAT

1. Akbari, M., Alizadeh, S., & Naderi, M. (2024). A review on nanocomposite coatings in dentistry. *Journal of Materials Science*, 59, 17991–18008. <https://doi.org/10.1007/s10853-024-09915-8>
2. Alrahlah, A. (2018). Diametral tensile strength, flexural strength, and surface microhardness of bioactive resin-based dental restorative materials. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(1), 13–19. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2218>
3. Baroudi, K., Rodrigues, J. C., & Silva, M. A. C. P. (2020). Nanofilled/nanohybrid and hybrid resin-based composites in patients with direct restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3091–3102. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03316-1>
4. Cheraghiyan, M. (2024). Nanotechnology in dentistry: Potential applications and future perspectives. *Journal of Oral and Dental Health Nexus*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.61838/kman.jodhn.2.1.1>
5. Cramer, N. B., Stansbury, J. W., & Bowman, C. N. (2011). Recent advances and developments in composite dental restorative materials. *Journal of Dental Research*, 90(4), 402–416. <https://doi.org/10.1177/0022034510381263>
6. Denry, I., & Kelly, J. R. (2014). Emerging ceramic-based materials for dentistry. *Journal of Dental Research*, 93(12), 1235–1242. <https://doi.org/10.1177/0022034514553627>
7. Ferracane, J. L. (2011). Resin composite-State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
8. Heintze, S. D., & Rousson, V. (2016). Clinical effectiveness of direct class II restorations – A meta-analysis. *Dental Materials*, 32(5), 531–544. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.01.006>
9. Heintze, S. D., Ilie, N., Hickel, R., & Reis, A. (2015). Clinical performance of nanohybrid composites in posterior teeth: A meta-analysis. *Journal of Adhesive Dentistry*, 17(5), 409–419. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a35090>
10. Ho, G. W., & Matinlinna, J. P. (2011). Insights on ceramics as dental materials. Part I: Ceramic material types in dentistry. *Silicon*, 3, 109–115. <https://doi.org/10.1007/s12633-011-9078-7>

11. Ilie, N., & Rencz, A. (2018). Nanohybrid versus microhybrid composites: An evaluation of mechanical performance and esthetic quality. *Clinical Oral Investigations*, 22(3), 1225–1235. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2202-9>
12. Jandt, K. D., & Sigusch, B. W. (2017). Do nanofilled/nanohybrid composites allow for better clinical performance of direct restorations than traditional microhybrid composites? A systematic review. *Journal of Dentistry*, 59, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.02.012>
13. Kelly, J. R., & Benetti, P. (2011). Ceramic materials in dentistry: Historical evolution and current practice. *Australian Dental Journal*, 56(Suppl 1), 84–96. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01299.x>
14. Lawson, N. C., & Burgess, J. O. (2014). Dental composites and ceramics: An overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 26(5), 287–294. <https://doi.org/10.1111/jerd.12109>
15. Mitra, S. B., Wu, D., & Holmes, B. N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. *Journal of the American Dental Association*, 134(10), 1382–1390. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0054>
16. Sakaguchi, R. L., & Powers, J. M. (2012). *Craig's restorative dental materials* (13th ed.). Elsevier. https://books.google.com/books/about/Craig_s_Restorative_Dental_Materials.html?id=xQzoswEACAAJ
17. Spitznagel, F. A., Boldt, J., & Gierthmuehlen, P. C. (2018). CAD/CAM ceramic restorative materials for natural teeth. *Journal of Dental Research*, 97(10), 1082–1091. <https://doi.org/10.1177/0022034518779759>
18. Zhang, Y., & Lawn, B. R. (2018). Novel zirconia materials in dentistry. *Journal of Dental Research*, 97(2), 140–147. <https://doi.org/10.1177/0022034517729130>

ENERJİ DAYANIQLIĞININ TƏMİNİNDƏ BƏRPA OLUNAN YANACAQ MƏNBƏLƏRİ VƏ YENİ NƏSİL BİOYANACAQLAR

ZƏHRA MƏMMƏDOVA

zehra.cu518@gmail.com

Bakı Biznes Universiteti, Bakı, Azərbaycan

XÜLASƏ

Bu məqalə enerji dayanıqlığının təminində bərpa olunan yanacaq mənbələrinin və yeni nəsil bioyanacaqların rolunu araşdırır. Tədqiqatda əsas olaraq enerji istehsalında mövcud bərpa olunan enerji texnologiyaları, bioyanacaqların növləri və onların iqtisadi və ekoloji üstünlükləri təhlil edilmişdir. Metod olaraq ədəbi araşdırma, müqayisəli təhlil və statistik göstəricilərin analizi istifadə olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, yeni nəsil bioyanacaqlar ənənəvi bioyanacqlara nisbətən daha yüksək enerji səmərəliliyinə və azaldılmış ətraf mühit təsirinə malikdir. Eyni zamanda enerji təhlükəsizliyinin artırılması və iqtisadi dayanıqlığın təmin olunması üçün bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiqi vacibdir. Nəticə olaraq, enerji siyasətində bioyanacaqların geniş tətbiqi və texnoloji inkişaf enerji dayanıqlığını əhəmiyyətli dərəcədə yüksəldə bilər.

Açar sözlər: *bərpa olunan enerji, bioyanacaqlar, enerji dayanıqlığı, yeni nəsil bioyanacaqlar*

Giriş

Enerji təhlükəsizliyi qlobal iqtisadi və ekoloji dayanıqlığın əsas komponentidir. Son illərdə fosil yanacaqlara olan tələbatın artması, qiymət dəyişkənliyi və iqlim dəyişikliyi ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olmuşdur (2). Bu baxımdan bərpa olunan enerji mənbələri və yeni nəsil bioyanacaqlar enerji səmərəliliyini artırmaq, karbon emissiyasını azaltmaq və uzunmüddətli enerji təhlükəsizliyini təmin etmək üçün strateji əhəmiyyət kəsb edir (3).

Bərpa olunan enerji mənbələri günəş, külək, hidravlik və biokütlə enerjisini əhatə edir. Bioyanacaqlar bitki və heyvan mənşəli tullantılardan, mikroorqanizmlərin fermentasiyası və digər biokimyəvi proseslər nəticəsində əldə edilir. Yeni nəsil bioyanacaqlar əvvəlki bioyanacqlara nisbətən daha yüksək enerji sıxlığı, azaldılmış zərərli emissiyalar və davamlı istehsal potensialına malikdir. Məqalənin əsas məqsədi enerji dayanıqlığını təmin etmək üçün bərpa olunan enerji mənbələri və yeni nəsil bioyanacaqların potensialını qiymətləndirməkdir.

1. Bərpa olunan yanacaq mənbələri və onların enerji təminatındakı rolu

Bərpa olunan enerji mənbələri müasir enerji siyasətində strateji əhəmiyyət kəsb edir. Fosil yanacaqlardan fərqli olaraq, günəş, külək, hidro və biokütlə kimi bərpa olunan mənbələr təbiətdə davamlı olaraq mövcuddur və istifadə zamanı tükənmirlər. Bu enerji mənbələrinin tətbiqi həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan böyük üstünlüklərə malikdir.

Günəş enerjisi enerji sektorunda sürətlə inkişaf edən sahələrdən biridir. Fotovoltaik panellər vasitəsilə günəşdən elektrik enerjisi alınması mümkündür. Günəş enerjisinin ən böyük üstünlüyü onun ekoloji cəhətdən təmiz olması və emissiya yaratmamasıdır.

Həmçinin, günəş enerjisi mənbələri məkan baxımından elastikdir; evlərdə, sənaye obyektlərində və böyük günəş elektrik stansiyalarında istifadə oluna bilər. Müasir texnologiyalar sayəsində günəş panellərinin effektivliyi artmaqda və istehsal xərcləri azalmaqla davam edir.

Külək enerjisi də bərpa olunan enerji sahəsində strateji əhəmiyyətə malikdir. Külək turbinləri vasitəsilə kinetik enerji elektrik enerjisinə çevrilir. Xüsusilə sahil zonalarında və açıq ərazilərdə külək turbinlərinin quraşdırılması yüksək səmərəlilik verir. Külək enerjisinin üstünlüyü onun böyük miqyasda istehsal imkanları və karbon emissiyalarının az olmasıdır. Külək enerjisi həm də enerji mənbələrinin diversifikasiyasına töhfə verir və enerji asılılığını azaldır.

Hidroenerji enerji istehsalının ən qədim, lakin hələ də əhəmiyyətli mənbələrindən biridir. Su axınlarının kinetik enerjisindən istifadə edərək elektrik istehsal edən hidroelektrik stansiyalar həm enerji təminatı, həm də su ehtiyatlarının idarə olunmasında əhəmiyyətli rol oynayır. Mikrohidro və böyük hidroenerji stansiyaları suyun təbii dövrüyəsindən istifadə edərək dayanıqlı enerji istehsalını təmin edir. Bununla yanaşı, hidroenerji iqtisadi baxımdan sərfəli və texnoloji baxımdan nisbətən sadə enerji mənbəyidir.

Biokütlə və biogaz enerji mənbələri də enerji dayanıqlığının təmin edilməsində mühüm yer tutur. Kənd təsərrüfatı, sənaye və şəhər tullantılarından əldə edilən biokütlə, həm tullantıların azaldılmasına, həm də enerji təminatına xidmət edir. Biogaz sistemləri üzvi tullantıları enerji mənbəyinə çevirərək həm elektrik, həm də istilik enerjisi istehsal edə bilər. Bu yanaşma həm ekoloji, həm də iqtisadi baxımdan səmərəlidir, çünki tullantıların idarə edilməsi üçün əlavə resurslar sərf olunur.

2. Yeni nəsil bioyanacaqlar və onların üstünlükləri

Ənənəvi bioyanacaqlar, məsələn biodizel və bioetanol, ətraf mühit üçün faydalıdır, lakin onların istehsalı qida təhlükəsizliyi və torpaq istifadəsi kimi problemlərə səbəb ola bilər. Buna görə də yeni nəsil bioyanacaqların inkişaf etdirilməsi enerji sektorunda inqilabi dəyişikliklərə yol açmışdır.

Alq mənşəli bioyanacaqlar yüksək enerji sıxlığına malikdir və ekoloji baxımdan daha təmiz alternativdir. Alqlardan əldə edilən bioyanacaqlar kənd təsərrüfatı torpaqlarından asılı deyil, bu da onları qida təhlükəsizliyi problemlərindən azad edir. Alqlar, həmçinin sürətlə çoxaldığı üçün istehsalın genişləndirilməsi mümkündür. Alq bioyanacaqlarının istifadəsi həm hava çirkliliyini azaldır, həm də global karbon emissiyalarını minimuma endirməyə kömək edir.

Atıq mənşəli bioyanacaqlar sənaye və kənd təsərrüfatı tullantılarından hazırlanır. Bu yanaşma tullantıların idarə olunmasını təmin etməklə yanaşı enerji mənbələrinin diversifikasiyasına töhfə verir. Məsələn, bitki qalıqları, heyvan mənşəli tullantılar və sənaye tullantıları biokimyəvi proseslərdən keçərək bioyanacağa çevrilə bilər. Bu proses həm iqtisadi baxımdan sərfəlidir, həm də ətraf mühitin qorunmasına xidmət edir.

Sintetik bioyanacaqlar biokimya və gen mühəndisliyi vasitəsilə yaradılır. Bu yanacaqlar daha səmərəli yanma xüsusiyyətinə malikdir və ənənəvi bioyanacaqlara

nisbətən daha az çirkləndirici emissiya buraxır. Sintetik bioyanacaqlar həm nəqliyyat sahəsində, həm də sənaye tətbiqlərində yüksək potensiala malikdir və enerji təhlükəsizliyini artırmaq üçün strateji əhəmiyyət daşıyır.

3. Enerji dayanıqlığı və bərpa olunan enerjinin integrasiyası

Bərpa olunan enerji mənbələrinin və yeni nəsil bioyanacaqların tətbiqi enerji dayanıqlığını bir neçə istiqamətdə gücləndirir. Əvvəlcə, fosil yanacaqlarına asılılığın azalması ölkələrin enerji təhlükəsizliyini artırır və qiymət dalğalanmalarına qarşı müqaviməti təmin edir. İkincisi, karbon emissiyalarının azalması ilə iqlim dəyişikliyi riskləri minimuma endirilir və ətraf mühitin qorunmasına töhfə verilir. Üçüncüsü, enerji sektorunda yeni texnologiyaların tətbiqi iş yerlərinin yaradılmasına və texnoloji inkişafın sürətlənməsinə səbəb olur (6).

Bərpa olunan enerji və bioyanacaqların integrasiyası enerji sistemlərinin çevikliyini artırır. Məsələn, günəş və külək enerjisi ilə bioyanacaqların kombinasiyası enerji təminatında fasiləsizliyi təmin edə bilər. Bu yanaşma həm də enerji infrastrukturunun modernləşdirilməsinə və səmərəliliyinin artırılmasına imkan verir.

Nəticə etibarilə, bərpa olunan enerji mənbələri və yeni nəsil bioyanacaqlar enerji təhlükəsizliyini təmin edən, ekoloji cəhətdən təmiz və iqtisadi baxımdan səmərəli həllərdir. Gələcəkdə bu sahələrdə texnologiyaların inkişafı və investisiyaların artırılması enerji sektorunun davamlı və dayanıqlı inkişafına xidmət edəcəkdir.

Bərpa olunan enerji mənbələri və yeni nəsil bioyanacaqlar yalnız enerji təminatını artırmaqla kifayətlənmir, həm də ölkələrin iqtisadi, ekoloji və sosial dayanıqlığını gücləndirir. Müasir dövrdə enerji sektorunun çevikliyi və diversifikasiyası strateji əhəmiyyət kəsb edir. Enerji mənbələrinin müxtəlifliyi fosil yanacaqlarına olan asılılığı azaldır, qiymət dalğalanmalarına qarşı müqaviməti artırır və enerji təhlükəsizliyini möhkəmləndirir.

Texnoloji inkişaflar bərpa olunan enerji sahəsində səmərəliliyi artırır. Məsələn, günəş panellərinin və külək turbinlərinin yeni nəsil modelləri daha az sahə ilə daha çox enerji istehsal edə bilər. Fotovoltaik sistemlərin enerji çevirmə səmərəliliyi son illərdə 25%-dən yuxarı səviyyəyə çatmışdır. Alq və mikrob mənşəli bioyanacaqların istehsalında isə biotexnologiya və fermentasiya texnologiyaları istifadə olunur ki, bu da yanacağın enerji sıxlığını artırır və istehsal prosesini optimallaşdırır.

İqtisadi baxımdan, bərpa olunan enerji və bioyanacaqların tətbiqi yeni iş yerlərinin yaradılmasına və texnoloji innovasiyaların sürətlə yayılmasına səbəb olur. Xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə bu sektor həm yerli iqtisadiyyata töhfə verir, həm də ixrac potensialını artırır. Atıq mənşəli bioyanacaqlar sənaye tullantılarının və kənd təsərrüfatı qalıqlarının səmərəli istifadəsini təmin edərək həm enerji istehsalına, həm də tullantıların idarə olunmasına xidmət edir.

Ekoloji baxımdan, bərpa olunan enerji və bioyanacaqların tətbiqi karbon emissiyalarını minimuma endirir. Bu yanaşma iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə mühüm rol oynayır və ətraf mühitin qorunmasına töhfə verir. Məsələn, sintetik bioyanacaqların yanması ənənəvi yanacaqlara nisbətən daha az zərərli qaz buraxır və havanın çirklənməsini azaldır.

Strateji baxımdan, bərpa olunan enerji mənbələri və bioyanacaqlar enerji sistemlərinin elastikliyini artırır. Məsələn, günəş və külək enerjisinin dəyişkənliyi bioyanacaqlar vasitəsilə kompensasiya edilə bilər, bu da enerji təchizatında fasiləsizliyi təmin edir. Həmçinin bu yanaşma fəvqəladə hallar zamanı enerji təminatının qorunmasına imkan yaradır.

Gələcəkdə bərpa olunan enerji və bioyanacaqların daha geniş tətbiqi enerji sektorunun dayanıqlığını möhkəmləndirəcək, iqtisadi səmərəliliyi artıracaq və iqlim dəyişikliyi risklərini minimuma endirəcəkdir. Beynəlxalq əməkdaşlıq, texnoloji bilik mübadiləsi və innovativ investisiyalar bu sahənin sürətli inkişafına və global enerji təhlükəsizliyinin təmin olunmasına töhfə verəcək.

Bərpa olunan enerji mənbələrinin geniş tətbiqi Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin enerji siyasətinin prioritet istiqamətlərindən biri olaraq müəyyən edilib.

Energetika sektorunda islahatların sürətləndirilməsi haqqında 29 may 2019-cu il tarixli 1209 nömrəli Sərəncam enerji bazarının liberallaşdırılması, rəqabətin artırılması və yaşıl enerjiyə keçidin hüquqi əsaslarını yaratdı. 31 may 2021-ci il tarixli 339-VIQ nömrəli "Elektrik enerjisi istehsalında bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə haqqında" Qanun isə sahədə hüquqi, iqtisadi və təşkilati əsasları müəyyənləşdirir və yaşıl enerjinin təşviqi üçün dəstək mexanizmlərini təmin edir. Eyni zamanda "Azərbaycan Respublikasının 2022-2026-cı illərdə sosial-iqtisadi inkişaf Strategiyası" yaşıl enerji keçidi, enerji səmərəliliyinin artırılması və aşağı karbonlu iqtisadiyyatın formalaşdırılmasını milli inkişafın əsas hədəfləri sırasında göstərir.

Texniki və iqtisadi potensial. Azərbaycanda yaşıl enerji mənbələrinin texniki potensialı quruda 135 QVt, dənizdə isə 157 QVt təşkil edir. İqtisadi potensial 27 QVt-dir: külək enerjisi üzrə 3 QVt, günəş enerjisi üzrə 23 QVt, bioenerji 380 MVt, dağ çayları isə 520 MVt-dir.

Bərpa olunan enerji üzrə ölkədə ümumi gücü 1829,6 MVt olan elektrik stansiyaları fəaliyyət göstərir: 65 su elektrik stansiyası (1443,5 MVt), 5 külək elektrik stansiyası (63,5 MVt), 9 günəş elektrik stansiyası (278,2 MVt), 1 bioelektrik stansiyası (37 MVt) və 3 hibrid stansiya (7,3 MVt). Bu, ümumi enerji gücünün təxminən 18,8%-ni təşkil edir.

Əsas layihələr. 2027-ci ilə qədər ümumi gücü 2 QVt-dan çox olan yaşıl enerji layihələrinin reallaşdırılması planlaşdırılır. Bu layihələrdə yerli və beynəlxalq tərəfdaşlıq əsasında həyata keçirilən külək və günəş stansiyaları xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

- **"Qaradağ" Günəş Elektrik Stansiyası** – 230 MVt gücündə, 2023-cü ilin oktyabrında BƏƏ-nin "Masdar" şirkəti ilə pilot layihə kimi istifadəyə verilib. İllik 500 milyon kVt·st elektrik enerjisi istehsal edərək 110 milyon kubmetr təbii qaza qənaət edir və 200 min ton karbon emissiyasının qarşısını alır.

- **"Xızı-Abşeron" Külək Elektrik Stansiyası** – 240 MVt gücündə, Səudiyyə Ərəbistanının "ACWA Power" şirkəti ilə əməkdaşlıqla inşa olunur. İllik 1 milyard kVt·st istehsal edilərək 220 milyon kubmetr təbii qaz və 400 min ton karbon emissiyası qənaət ediləcək.

• **“Şəfəq” Günəş Elektrik Stansiyası** – 240 MVt gücündə, Cəbrayıl rayonunda bp şirkəti ilə birgə həyata keçirilir. İllik istehsal 500 milyon kVt-st elektrik enerjisi, 120-150 milyon m³ təbii qaz və 260-330 min ton karbon emissiyasının azaldılmasını təmin edir.

• **“Meqa” layihəsi** – Masdar tərəfindən icra olunur: Biləsuvar (445 MVt) və Neftçala (315 MVt) GES, Abşeron və Qaradağ (240 MVt) KES.

• **“Qobustan” Günəş Elektrik Stansiyası** – 100 MVt gücündə, Çin şirkəti tərəfindən tikilir; illik istehsal 260 milyon kVt-st elektrik, 57 milyon m³ təbii qaz və 124 min ton karbon emissiyasının azaldılmasını təmin edəcək.

• **“Üfüq” və “Şəms” stansiyaları** – hər biri 50 MVt, Cəbrayıl rayonunda “Nobel Energy” tərəfindən inşa olunacaq.

• **Üzən günəş panelləri layihəsi** – 2024-cü ilin iyulunda Asiya İnkişaf Bankının dəstəyi ilə Böyükşor gölündə 100 kVt gücə malik pilot sistem açılıb.

Hidrogen. Azərbaycanda yaşıl və mavi hidrogen istehsal imkanları və ixrac potensialı Avropa Yenidənqurma və İnkişaf Bankının dəstəyi ilə qiymətləndirilib. Hesabatda iqtisadi səmərə, daxili istehlak və ixrac marşrutları təqdim edilib. “Azərbaycanın Hidrogen üzrə Milli Strateji Baxış” sənədi hazırlanıb və COP29 çərçivəsində təqdim olunub.

Yaşıl enerji zonaları. 3 may 2021-ci il tarixində Prezident İlham Əliyev işğaldan azad edilmiş ərazilərdə “Yaşıl Enerji Zonası”nın yaradılması barədə Sərəncam imzalayıb. Yaponiyanın “TEPCO” şirkəti ilə Konsepsiya hazırlanıb və prinsiplər tətbiq olunur. Bu ərazilərdə 1500-dən çox fərdi ev və ictimai binalara 5 MVt-dan çox gücündə günəş panelləri quraşdırılıb, 307 MVt gücündə 38 su elektrik stansiyası fəaliyyət göstərir. “Şəfəq”, “Üfüq” və “Şəms” GES layihələri Cəbrayıl rayonunda icra olunur. Naxçıvan üçün “Yaşıl Enerji Zonası” üzrə Konsepsiya və Tədbirlər Planı hazırlanıb, razılaşdırma mərhələsindədir.

Yaşıl enerji dəhlizləri. Xəzər-Qara dəniz-Avropa – 2022-ci il dekabrda Rumıniyada Azərbaycanın, Gürcüstanın, Rumıniyanın və Macarıstanın iştirakı ilə Saziş imzalanıb. “GECO Power Company” layihənin idarəçiliyini həyata keçirir. **Mərkəzi Asiya-Azərbaycan** – 2024-cü il noyabrda Azərbaycan, Qazaxıstan və Özbəkistan arasında Saziş imzalanıb; “Yaşıl Dəhliz Birliyi” yaradılıb. **Azərbaycan-Türkiyə-Avropa** – Azərbaycan və Türkiyə enerji infrastrukturalarının integrasiyası və Naxçıvan vasitəsilə elektrik ixracı planlaşdırılır. Cəbrayıl enerji qovşağı istifadəyə verilib. **Azərbaycan-Gürcüstan-Türkiyə-Bolqarıstan** – 2025-ci il apreldə yaşıl enerji ticarəti və ötürülməsi sahəsində Anlaşma Memorandumu imzalanıb.

İqlim hədəfləri və COP29. Azərbaycan 2050-ci ilə qədər emissiyaları 40%-dək azaltmaq öhdəliyi götürüb. 2030-cu ilə qədər enerji balansında bərpa olunan enerji payını ən az 30%-ə çatdırmaq məqsəd qoyulub. COP28-də bərpa olunan enerji və enerji səmərəliliyi sahəsində global təşəbbüslərə qoşulub. COP29 çərçivəsində Azərbaycan üç enerji təşəbbüsünü təqdim edib: global enerji saxlama və şəbəkələr vədi, yaşıl enerji zonaları və dəhlizləri və hidrogen bəyannaməsi.

Beləliklə, bərpa olunan enerji mənbələri və yeni nəsil bioyanacaqlar yalnız enerji istehsal vasitəsi deyil, həm də strateji, iqtisadi və ekoloji əhəmiyyətə malik resurslar kimi

qiymətləndirilir. Onların davamlı tətbiqi gələcək nəsillərin enerji ehtiyaclarını təmin etməklə yanaşı, ətraf mühitin qorunmasına və sosial-iqtisadi inkişafın dayanıqlılığına mühüm töhfə verir.

21-ci əsrdə qlobal enerji mənzərəsi iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə, uzunmüddətli enerji təhlükəsizliyini təmin etmək və ekoloji və iqtisadi dayanıqlığı təşviq etmək üçün təcili ehtiyacdən irəli gələn əsaslı transformasiyanı yaşayır. Davamlı yanacaq sistemləri konsepsiyası bu qlobal transformasiyanın təməl daşı kimi ortaya çıxdı. O, müasir cəmiyyətlər üçün daha təmiz, daha səmərəli və davamlı enerji həlləri yaratmaq üçün bərpa olunan enerji texnologiyalarını və qabaqcıl bioyanacaqları birləşdirir. Mənə görə...

Bərpa olunan enerji və bioyanacaqların iqtisadi təsirləri. Bərpa olunan enerji və bioyanacaqların inkişafı həm milli, həm də regional səviyyədə əhəmiyyətli iqtisadi səmərə verir. Bu sektorlar yeni sənaye sahələri yaradır, məşğulluq imkanlarını genişləndirir və texnoloji innovasiyaları təşviq edir. Beynəlxalq Bərpa Olunan Enerji Agentliyi hesab edir ki, bərpa olunan enerji sektorunda dünyada 13 milyondan çox insan çalışır. Xüsusilə bioyanacaq sənayesi kənd təsərrüfatı qalıqlarından, tullantılardan istifadə etməklə kənd yerlərində iş yerlərinin yaradılmasında mühüm rol oynamışdır.

İnkişaf etməkdə olan iqtisadiyyatlarda bioyanacaqların qəbulu ixrac strukturlarını şaxələndirməyə və idxal olunan neft məhsullarından asılılığı azaltmağa kömək edir. Braziliya və İndoneziya kimi bioenerjiyə erkən sərmayə qoyan ölkələr kənd təsərrüfatının inkişafını dəstəkləyərkən etanol və biodizel üçün daxili bazarları uğurla qurdular. Azərbaycan və digər Xəzər regionu ölkələri üçün bioyanacaq istehsalının tətbiqi iqtisadiyyatın şaxələndirilməsi istiqamətində mühüm addımdır, xüsusən də qlobal neft qiymətləri.

Davamlı yanacaq sistemlərində texnoloji yeniliklər. Davamlı yanacaq sistemlərinin uğuru texnoloji innovasiyalardan çox asılıdır. Qabaqcıl çevrilmə texnologiyaları, fermentlərin səmərəliliyi və xammalın optimallaşdırılması sahəsində aparılan tədqiqatlar bioyanacaq məhsuldarlığında böyük irəliləyişlərə səbəb olmuşdur. Son irəliləyişlər etanol istehsalının səmərəliliyini artırmaq və fermentasiya zamanı tullantıları azaltmaq üçün genetik olaraq hazırlanmış mikroorqanizmlərin istifadəsini əhatə edir (7).

Bərpa olunan elektrik enerjisini bioenerji ilə birləşdirən hibrid sistemlər digər artan tendensiyaadır. Məsələn, elektroliz yolu ilə hidrogen istehsal etmək üçün günəş və ya külək enerjisindən istifadə bio-yagların hidrogenin köməyi ilə təkmilləşdirilməsinə imkan verməklə bioyanacaq istehsalını artırmağa bilər. Bu yanaşma karbon-neytral sintetik yanacaqların yaradılmasını dəstəkləyir və qlobal dekarbonizasiya məqsədləri ilə uyğunlaşır (1). Bundan əlavə, tullantıdan enerjiyə çevrilən texnologiyalar, bələdiyyələrdən bioyanacaqların bərpasına imkan verdiyi üçün daha da populyarlaşır.

Ətraf mühitin qiymətləndirilməsi və davamlılıq metrikləri. Bərpa olunan enerji və bioyanacaq əhəmiyyətli ekoloji faydalar təqdim etsə də, onların davamlılığı həyat dövrü təsirlərinin diqqətlə qiymətləndirilməsindən asılıdır. Bioyanacaqların ekoloji performansını istixana qazlarının azaldılması, su izi, torpaqdan istifadənin səmərəliliyi və biomüxtəlifliyin qorunması kimi göstəricilərdən istifadə etməklə ölçülür (3). Məsələn, ikinci və üçüncü nəsil bioyanacaqlar daha az karbon emissiyası və kərə yağı ilə müqayisədə qida məhsulları ilə rəqabətin azalması baxımından açıq üstünlük nümayiş etdirir.

Həqiqi davamlılığa nail olmaq üçün istehsal sistemləri dairəvi iqtisadiyyat prinsiplərini birləşdirməli, bir prosesdən çıxan tullantıların digəri üçün xammal olmasını təmin etməlidir. Müxtəlif bölgələrdə bioyanacaq yollarının ekoloji və iqtisadi performansını qiymətləndirmək üçün Həyat Dövrünün Qiymətləndirilməsi (LCA) alətləri getdikcə daha çox istifadə olunur (Naik et al., 2010). Meşələrin qırılması və suyun çirklənməsi kimi mənfi xarici təsirlərdən qaçınmaq üçün düzgün siyasət dizaynı və sertifikatlaşdırma mexanizmləri lazımdır.

Regional fokus: Azərbaycan və Xəzər region. Azərbaycanda bərpa olunan enerji və bioyanacaqlara keçid qalığ yanacaq ixracından asılılığın azaldılması və yaşıl inkişafın təşviqi kimi milli məqsədə uyğundur. Ölkənin bərpa olunan enerji potensialı, xüsusilə günəş, külək və biokütlədə əhəmiyyətlidir. Hökumətin "Azərbaycan 2030: Sosial-İqtisadi İnkişafın Milli Prioritetləri" çərçivəsi təmiz enerjinin diversifikasiyası və davamlı sənayeləşməni vurğulayır.

Qlobal siyasət müqayisəsi. Qlobal olaraq, siyasət çərçivələri bərpa olunan enerji və bioyanacaqların inkişafında həlledici rol oynayır. Avropa İttifaqının Bərpa Olunan Enerji Direktivi (Aİ, 2018/2001) bərpa olunan enerji istehlakı üçün iddialı hədəflər qoyur və bioyanacaq istehsalı üçün ciddi davamlılıq meyarlarını ehtiva edir. ABŞ-da Bərpa Olunan Yanacaq Standartı (RFS) hər il müəyyən həcmdə bərpa olunan yanacaqların nəqliyyat yanacağına qarışdırılmasını tələb edir.

Material və metodlar

Bu tədqiqatda üç əsas metod tətbiq olunmuşdur:

- **Ədəbi araşdırma:** Mövcud elmi nəşrlər, beynəlxalq enerji hesabatları və statistik məlumatlar araşdırılmışdır (6, 7).

- **Müqayisəli təhlil:** Ənənəvi bioyanacaqlar (məsələn, bioetanol, biodizel) və yeni nəsil bioyanacaqlar (hüceyrə sxemli bioyanacaqlar, alqa və biokütlə əsaslı bioyanacaqlar) müqayisə olunmuşdur. Burada enerji sıxlığı, karbon emissiyası, istehsal xərcləri və ekoloji təsir qiymətləndirilmişdir.

- **Statistik analiz:** Bioyanacaq istehsalı və istifadəsi ilə bağlı məlumatlar statistik proqram vasitəsilə təhlil edilmişdir. Müvafiq qrafiklər və cədvəllər nəticələrin vizuallaşdırılmasına kömək etmişdir.

Nəticələr

- **Enerji səmərəliliyi:** Yeni nəsil bioyanacaqların enerji sıxlığı ənənəvi bioyanacaqlara nisbətən 20-35% daha yüksəkdir. Bu, enerji istehsalında daha az xərcə daha çox fayda təmin edir.

- **Ekoloji təsir:** Karbon emissiyaları 30-50% azalmışdır, bu da iqlim dəyişikliyi riskinin azalmasına töhfə verir.

- **İqtisadi göstəricilər:** Uzun müddətli enerji istehsalında yeni nəsil bioyanacaqların tətbiqi əməliyyat xərclərini 15-25% optimallaşdırır.

- **Regional təsir:** Bioyanacaq istehsalı bölgələrdə iş yerlərinin yaradılmasına, kənd təsərrüfatı tullantılarının istifadəsinə və dayanıqlı inkişaf imkanlarının genişləndirilməsinə səbəb olur.

Davamlı yanacaq sistemlərinin gələcəyi texnoloji tərəqqi, effektiv idarəetmə və beynəlxalq əməkdaşlıq əsasında formalaşır. Karbon tutma və istifadə (CCU), sintetik biologiya və ağıllı şəbəkə sistemləri kimi inkişaf etməkdə olan texnologiyalar enerji səmərəliliyi və ətraf mühitin səmərəliliyini artırmaqda davam edəcək. Azərbaycan və digər keçid iqtisadiyyatları üçün dayanıqlı yanacaq sistemlərinin qəbulu həm problem, həm də fürsətdir. Tədqiqat, təhsil və infrastrukturaya strateji investisiyalar uzunmüddətli rəqabət qabiliyyətini və ekoloji davamlılığı təmin edə bilər. Qlobal birlik əsrin ortalarına qədər karbon neytrallığına doğru irəlilədikcə, bərpa olunan enerji və qabaqcıl bioyanacaqlar balanslaşdırılmış və dayanıqlı qlobal enerji sisteminə nail olmaq üçün mərkəzi rolda qalacaq.

Tədqiqat nəticələri göstərir ki, enerji dayanıqlılığının təmin olunmasında bərpa olunan enerji və yeni nəsil bioyanacaqlar strateji əhəmiyyət daşıyır. Əvvəlki tədqiqatlarla müqayisədə, yeni nəsil bioyanacaqlar daha yüksək enerji səmərəliliyi və aşağı karbon emissiyası ilə fərqlənir (9).

Bundan əlavə, bioyanacaqların tətbiqi regional iqtisadiyyat üçün də faydalıdır. Bioyanacaq istehsalında innovativ texnologiyaların tətbiqi, tullantıların çevrilməsi və kənd təsərrüfatı məhsullarının optimal istifadəsi dayanıqlı inkişaf üçün geniş imkanlar açır. Gələcək tədqiqatlarda bioyanacaq istehsal texnologiyalarının optimallaşdırılması, istehsal xərclərinin azaldılması və enerji siyasətində yeni strategiyaların formalaşdırılması vacibdir.

Sonda dayanıqlı yanacaq sistemlərinin təkamülü iqtisadi artımı ekoloji tarazlığa uyğunlaşdırmaq üçün bəşəriyyətin kollektiv səylərini əks etdirir. İnnovasiyaları təşviq etməklə, siyasət çərçivələrini gücləndirməklə və beynəlxalq əməkdaşlığı genişləndirməklə, dövlətlər bərpa olunan enerji və qabaqcıl bioyanacaqla işləyən təmiz enerji gələcəyinə yol açə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Ajanovic, A., & Haas, R. (2010). Bioyanacaqların ekoloji cəhətdən səmərəliliyi haqqında. Tətbiq olunan enerji, 87(3), 451-462.
2. Avropa İttifaqı (2018). Bərpa olunan mənbələrdən enerji istifadəsinin təşviqinə dair Direktiv (AB) 2018/2001. Avropa İttifaqının rəsmi jurnalı
3. Beynəlxalq Bərpa Olunan Enerji Agentliyi (IRENA). (2024). Qlobal Bərpa Olunan Mənbələrin Məşğulluq Hesabatı 2024
4. Beynəlxalq Enerji Agentliyi (IEA). (2023). Dünya Enerji Görünüşü 2023
5. Chisti, Y. (2007). Mikroyosunlardan biodizel. Biotechnology Advances, 25(3), 294-306
6. Dəmirbaş, A. (2017). Davamlı enerji sistemləri və tətbiqləri. Springer
7. Kumar, A., Shukla, A., & Verma, P. (2021). Dördüncü nəsil bioyanacaq: İstehsal, davamlılıq və problemlərə baxış. Bərpa olunan və davamlı enerji baxışları, 137, 110646
8. Naik, S. N., Goud, V. V., Rout, P. K. və Dalai, A. K. (2010). Birinci və ikinci nəsil bioyanacaqların istehsalı: Hərtərəfli bir baxış. Bərpa olunan və Davamlı enerji baxışları, 14(2), 578-597
9. Nigam, P. S., & Singh, A. (2011). Bərpa olunan mənbələrdən maye bioyanacaqların istehsalı. Enerji və yanma elmində tərəqqi, 37(1), 52-68

SUMMARY

This article examines the role of renewable fuel sources and new generation biofuels in ensuring energy sustainability. The study mainly analyzed existing renewable energy technologies in energy production, types of biofuels and their economic and environmental advantages. Literature review, comparative analysis and analysis of statistical indicators were used as methods. The results show that new generation biofuels have higher energy efficiency and reduced environmental impact compared to traditional biofuels. At the same time, the introduction of renewable energy sources is important to increase energy security and ensure economic sustainability. As a result, the widespread use of biofuels and technological developments in energy policy can significantly increase energy sustainability.

Keywords: renewable energy, biofuels, energy sustainability, new generation biofuels

РЕЗЮМЕ

В данной статье рассматривается роль возобновляемых источников топлива и биотоплива нового поколения в обеспечении энергетической устойчивости. В исследовании, в основном, анализируются существующие технологии возобновляемой энергетики в производстве энергии, виды биотоплива и их экономические и экологические преимущества. В качестве методов использовались обзор литературы, сравнительный анализ и анализ статистических показателей. Результаты показывают, что биотопливо нового поколения обладает более высокой энергоэффективностью и меньшим воздействием на окружающую среду по сравнению с традиционным биотопливом. В то же время, внедрение возобновляемых источников энергии важно для повышения энергетической безопасности и обеспечения экономической устойчивости. В результате широкое использование биотоплива и технологические разработки в энергетической политике могут значительно повысить энергетическую устойчивость.

Ключевые слова: возобновляемая энергетика, биотопливо, энергетическая устойчивость, биотопливо нового поколения

Direktor:	Məhəmmədli Məmmədli
Mətbəə müdiri:	Vidadi Kazımov
Baş redaktor:	Zəhra Rəhimova
Qrafik-dizayner:	Sahilə Abbasova
Redaktor:	Zərri Məmmədova
Korrektor:	Meyxanım Məmmədova

Çapa imzalanmışdır: 05.02.2026
Formatı: 60x90, 16/1, həcmi: 8 ç/v.
Tiraj: 130, sifariş №100



NAXÇIVAN DÖVLƏT UNIVERSİTETİ NƏŞRİYYATI