ÜMUMMİLLİ LİDER HEYDƏR ƏLİYEVİN ANADAN OLMASININ
103-CÜ İLDÖNÜMÜNƏ HƏSR OLUNUR

KİMYANIN MÜASİR ÇAĞIRIŞLARI

I BEYNƏLXALQ KONFRANS

MƏQALƏLƏR TOPLUSU

MODERN CHALLENGES OF CHEMISTRY

1st INTERNATIONAL CONFERENCE

COLLECTION OF RESEARCH PAPERS

22-23 MAY 2026-CI İL
GƏNCƏ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ
GƏNCƏ, AZƏRBAYCAN

YAŞIL VƏ DAYANIQLI KİMYA
(GREEN AND SUSTAINABLE CHEMISTRY)

KİMYƏVİ MATERİALŞÜNASLIQ VƏ NANOTEXNOLOGİYALAR
(CHEMICAL MATERIALS SCIENCE AND NANOTECHNOLOGIES)

FUNDAMENTAL KİMYA
(FUNDAMENTAL CHEMISTRY)

TƏTBİQİ KİMYA VƏ KİMYƏVI TEXNOLOGİYALAR
(APPLIED CHEMISTRY ANO CHEMICAL TECHNOLOGIES)

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
GƏNCƏ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ

Konfrans Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 103-cü ildönümünə həsr olunub

KİMYANIN MÜASİR ÇAĞIRIŞLARI

I BEYNƏLXALQ KONFRANS

I HİSSƏ

GƏNCƏ – 2026

Baş redaktor: GDU-nun rektoru, kimya elmləri doktoru, professor Yusif Yusibov;
Baş redaktorun müavini: GDU-nun Elm və innovasiyalar üzrə prorektoru, dosent Pərvin Kərimzadə.

Konfransın Elmi Komitəsi

1. Dilqəm Tağıyev- akademik, AMEA-nın vitse-prezidenti;
2. Vaqif Fərzəliyev-akademik, AR ETN Kimya İnstitutunun laboratoriya müdiri;
3. Vaqif Abbasov-akademik, AR ETN Neft Kimya Prosesləri İnstitutunun direktoru;
4. Fuad Əliyev-akademik, AMEA-nın Gəncə bölməsinin akademik katibi;
5. Məhəmməd Babanlı-AMEA-nın müxbir üzvü, AR ETN Kimya İnstitutunun şöbə müdiri;
6. Tofiq Əliyev- AMEA-nın müxbir üzvi, AR ETN Təbii Ehtiyatlar İnstitutunun direktoru;
7. Əfsun Sucayev- professor, AR ETN Kimya İnstitutunun direktoru;
8. İsfəndiyar Alverdiyev- professor, GDU-nun Kimya və biologiya fakültəsinin dekanı;
9. Hacali Necefoğlu- professor, Kafkas Universiteti, Qars (Türkiyə);
10. Hasan Seçen - professor, Atatürk Universiteti, Ərzurum (Türkiyə);
11. Ramazan Altundaş - professor, Gebze Texnik Universiteti, Gebze (Türkiyə);
12. Ahmet Tutar- professor, Sakarya Universiteti, Sakarya (Türkiyə);
13. Shaxnoza Kadirova- professor, Özbəkistan Milli Universiteti, Kimya fakültəsinin dekanı, Daşkənd (Özbəkistan);
14. İlxom Abduraxmanov- professor, Səmərqənd Dövlət Universiteti, Səmərqənd (Özbəkistan);
15. Tea Mchedruli- professor, Telavi Dövlət Universiteti, Telavi (Gürcüstan);
16. Andrey Shevelkov-professor, Moskva Dövlət Universiteti, Qeyri-Üzvü Kimya kafedrasının müdiri, Moskva (Rusiya);
17. Fiseha Tesfaye- professor, Abo Akademi Universiteti, Helsinki (Finlandiya);
18. Mykolo Moroz - professor, Su və ətraf mühit mühəndisliyi Milli Universiteti, Kiyev (Ukrayna);
19. Vasil Tomashyk- professor, Lashkaryov Fizika İnstitutu, Kiyev (Ukrayna);
20. Anastasiya Kamadadze- professor, Gürcüstan Texniki Universiteti, Telavi (Gürcüstan);
21. İmir Əliyev-professor, AR ETN Kataliz və Qeyri-Üzvi Kimya İnstitutunun laboratoriya müdiri;
22. Ələkbər Həsənov- professor, ADNSU-nin Neft- kimya texnologiyası kafedrasının əməkdaşı;
23. Aynur Məmmədova – dosent, GDU-nun Kimya kafedrasının müdiri.

Konfrans materialları GDU-nun Nəşriyyat şöbəsinin və konfransın proqram komitəsinin 30 aprel 2026-cı il tarixli qərarı ilə çap olunur.

Nəşrə məsul: Nəşriyyat şöbəsinin müdiri G.T.Cəfərova;
Mühəndis-proqramçı: S.A.Piriyev;
Operatorlar: Ş.M.Bayramova, N.H.Nəbiyev.

Konfrans materialları, I hissə, Gəncə, 2026, 323 səh.

MÜNDƏRİCAT

QEYRİ-ÜZVİ KİMYA

Yusibov Y.Ə., Qurbanov A.A., Əhmədov E.C., Alverdiyev İ.C., Məmmədova A.E. Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3 sistemində likvidus səthinin təcrübi tədqiqi və analitik 3d-modelləşdirilməsi 9

Бабанлы К.Н., Магаммедрагимова Р.С., Аллазова Н.М., Алиев И.И., Ахмедова Дж. А., Сулейманова М.Н. Синтез и исследования области твердых растворов в системе $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ 11

Agazade T.T., Jafarova S.F., Javadova S.P., Majidzade V.A., Aliyev A.Sh. Influence of temperature on the electroreduction process of lead ions from non-aqueous electrolyte.....14

Nəbiyev E.R., Oruclu E.N., Əliyeva Z.M., Yusibov Y.A., Babanlı M.B., Hacıyeva G.G. GeTe-SnTe-Sb_2Te_3 sisteminin $Ge_2Sb_2Te_5$- "$Sn_2Sb_2Te_5$" politermik kəsiyi 16

Nəbiyev E.R., Əbülhəsənov D.A., Zeynalova G.S., Oruclu E.N., Hacıyeva G.G. $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ bərk məhlullarinin sintezi və rentgenfaza analizi..... 18

Jokhadze E., KIlasoniw N., Giorgadze T., Gvelesiani I. Coordination capabilities of (hexa-hydrocyclopenta [C] pyrrol-2(1H)-ylcarbamoyl)-4-methylbenzenesulfonamide 20

Kamadadze A., Gegeshidze N., Tsintsadze T. Mixed-ligand coordination complexes of cobalt(ii) and manganese(ii): synthesis, structural elucidation and theoretical study 21

Yakhshinorov H.U., Nahanova G.O., Berdimurodov E.T., Akbarov K. Ikramovich Application of carbon dots derived from chitosan and thioureaas corrosion inhibitors 22

Mammadova N.H., Ahmadov E.J., Moroz M.V., Imamaliyeva S.Z High-entropy alloys in the bisi-sbsei system 25

Izzatli S.B. ,Orujlu E.N., Amirmatova K.V., Tomashyk V.N., Jafarov Y.I. Solid-phase equili-briadiagram of the GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 system 26

Mammadov V.S., Bəxtiyarlı İ.B., Abdullayeva A.S., Kərimli O.Ş., Muxtarova Z.M., Həsənova A.M. Y_2-xSm_xO_2S:Ti $_{0,2}Mg_{0,04}$ lüminoforlarinin lüminessensiya xassələri 28

Khalilova L.A., Bananyarli S.I., Ismayilov Sh.S. Study of the glass formation region in the Bi_2O_3 - B_2O_3 - Nd_2O_3 ternary system 32

Poladova A.N., Yaqubova A.V., Mashadiyeva L.F., Abbasova V.A., Babanly M.B. Cu-Ag-Si-S-Se sistemində yüksək entropiyali xalkogenid fazaları 35

Bayramova N.A., Hüseynova İ.F., Qasımov V.A., Aliyev T.A., Babanlı M.B., Əlizadə F.A. Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$ sistemində yeni dəyişən tərkibli argirodit fazaları..... 37

Bənənyarlı S.İ., Xəlilova L.Ə., İsmayılov Ş.S., Levçuk N.V. $2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$-$2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2$ siste-mindən Gd_2O_3 komponenti ilə aşqarlanmiş seçilmiş tərkiblərin fiziki xassələrinin öyrənilməsi 39

İmamaliyeva A.A., Çıraqov F.M., Hacıyeva F.V., Məmmədova M.F., Əliyev L.P. Spectro-photometric determination of Fe(III) in a silver nanoparticles–azo reagent–ctab based system. 42

Sultanova A.N., Yaqubov N.İ., Əliyev İ.İ., Əjdərova D.S., Paşacanov A.M., Rüstəmova D.F. , Nəbiyeva S.A. In-$SrInSe_2$ sisteminin ərintilərinin sintezi və bərk məhlul ərintilərinin fiziki-kimyəvi tədqiqi 45

Rafiyeva H. L.,. Guliyeva A. A Taghiyeva L. T. Physicochemical study of ore samples taken from the zangelan river hakari 47

Niftiyev N.N., Addayeva Z.R., Məmmədov F.M., Muradov M.B PVA/5% $FeGaInS_4$ nano-kom-pozitində dəyişən cərəyan keçiriciliyi..... 50

Jafarova İ.A., Alasgarova F. F., Hasanova G.Z. Investigation of the structural and surface properties of bentonite-based adsorbent 54
Zedginidze R., Bolqvadze N., Gvelesiani I., Endeladze N. Synthesis and study of hetero-metallic coordination compounds of ortho- and meta-phthalic aacid dihydrazides with cobalt (ii) and nickel (II) 57
Rajabova Q.Q. Determination of bismuth ion in environmental objects by various methods 57
Məsiyeva L.F., Yusubov F.V., Əliyev İ.İ., Qurbanov Q.B., Alverdiyev İ.C., Məmmədoвa A.E., Məmmədova A.T. Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ərintilərinin sintezi və başlanğıc kompo-nentlər əsasında bərk məhlul sahəsinin araşdırılması.....59
Matekeyeva A., Mukhammadiyeva M., Saitqulova V., Ruzmetov U. Hybrid sorption–spectroscopic determination of co(ii) ions using immobilized nitroso-n-salt on a silk fibroin matrix 61
Mardanova V.I., Mamedova F.O., Nagiyev Kh.D., Gadjieva S.R., Chyragov F.M. Study of complex formation of ni (ii) with azoderivatives Dibenzoyl acetonein the presence of third components 62
İsmayılova S.Ş., Əliyev İ.İ., Yusubov Yu.A., Məmmədova A.T., Məmmədova G.M., Süley-manova M.H. $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$(x=0.005;0.01;0.02;0.035) bərk məhlul ərintilərinin sintezi və fotoelektrik keçiriciliyinin spektral asililiğinin öyrənilməsi 66
Əliyev K.Ə., Məmmədova S.O., Sultanova A.N.,[1]Şükürova G.M., Əhmədov Ə.İ., Əliyev S.K. Zn-Tb-Se ərintilərində elektron keçid hadisələrin öyrənilməsi tədqiqi 68
Chkheidze S., Baramia M., Bolqvadze N., Tsintsadze M. Obtaining synthetic wine stones.....70
Bəxtiyarlı İ.B., Abdullayeva Ş.S., İsmayılova E.N., Hüseynova Ş.B. Ag_2S–In_2S_3–FeS kvaziüçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası 71
Hüseynova P.F., Həsənov X.N. Kolonkali xromatoqrafik üsulla propilen ioksidinin optiki izomerlərinin ayrılması 74
Huseynova P.F., Hasanov X.N. Using optically active chiral crown ether as an adsorbent in column chromatography 77
Şükürova G.M, Məmmədzadə Ş.E. $AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ sisteminin fiziki-kimyəvi tədqiqi ***Rzayeva M.F., Abbasova S.H.*** Kimyanın öyrədilməsində müasir metodlarin tətbiqi və müəllimin istiqamətləndirici rolu.....83
Rzayeva M.F., Abbasova S.H. Kimya dərslərində innovativ yanaşmalar və müəllimin pedaqoji rolu 84
Imanova N.A., Mahmudov F.T., Aliyeva S.A., Jabarov E.E., Adigozalova M.N., Askerova T.N., Humbatova A.S. Preparation of composites based on natural zeolites modified with Na-ions and their static ion exchange capacities for Cu^{2+}, Ni^{2+} and Co^{2+} 86
Əliyeva Q. M., İmanova N. Ə., Həsənova Ü. M., Həsənova S. S., Məmmədova L. N., Məmmədova A. T., Rzayeva M. F., Mövsümov E.M. Tris–(p-Nitrobenzoato) – Neodium (III) – trihidrat kompleks birləşməsinin sintezi və kristal quruluşunun tədqiqi 88
Mammadova N.H., Ahmadov E.J., Moroz M.V., Imamaliyeva S.Z. High-entropy alloys in the BiSI-SbSeI system.....91
Məmmədova S.H., Qənbərova G.T., Cəfərova Y.K., Sadıqov F.M, Əbilov Ç. İ. BiTmSe3 birləşməsinin bəzi termoelektrik xassələri.....92

ÜZVİ KİMYA

Yılmaz R.F., Tutar *A.* 8-thiomethyl bodipy: a brief look at this versatile and interesting structure.....94
Yagubov N., Sultanova A., Ganbarova G., Jafarov Y., Aliyeva K., Allahverdiyeva A. Photo-voltaic

materials for solar energy 101
Hüseynov T.R., Ismayilzadeh E.J. Mexaniki legirləmə üsulu ilə hazırlanmiş metal əsaslı kompozitlərdə armirləyici komponentlərin mikrostruktur və xassələrə təsiri 103
Zeynalova L.F. Xloramin-B və butilakrilat əsasinda sintez edilmiş yeni sulfamid efirlərinin antimikrob aktivliyinin *İN VİTRO* tədqiqi 107
Mahmudov F.T., İmanova N.Ə., Cabbarov E.E., Adıgözəlova M.N., Əsgərova T.N., Hümbətova A.S. Modifikasiya olunmuş klinoptilolitdə La^{3+} və Ce^{3+} ionlarinin sorbsiya-sinin tədqiqi 111
Agayeva Z.R., Ismailova V.A., Bairamova S.S., IlyasovaKh.N.,Mammadova L.M. Modified aluminosilicatesas effective sorbents for the recovery of organic solvents 113
Манафов М.R., Сафаралиева З.С., Дадашова С.Д., Салманова К., Рустамова Н., Абдуллаева И. Имитационная рецептура для обучения войск боевым действиям в усло виях химического заражения 114
Гафаров Ш.А., Меликова И.Г., Гашимова Н.И., Мамедова С.М. Алкилирования толуола метанолом, нанесенной 12-вольфрамокремневой гетерополикислоты на цеолит ZSM-5 119
Абдуллаева Н.Р., Казиева Р.Ю. Исследование физико-химических свойств бисимидазолинов синтезированных на основе подверженных окислению кислот подсолнечного и хлопкового масел с полиаминами 122
Yunisova F.A., Rüstəmova C.T., Nəbiyeva M.F., Əliyeva N.R., Əliyeva G.G. Karbon turşularının xlorlu törəmələrinin alinmasi və tətbiqi 125
Rustamova A.I.,Orujov Sh.Ch.,Osmanova S.N., Asgarova A.E., Agayeva R.H., Mamma-dova Z.M., Ismailov E.H. Structure–activity relationship of Fe–Ni/Al_2O_3 catalysts in dry reforming of methane: Fe/Ni radial distribution, phase composition, and h_2/co ratio control..... 130
Rəhimli N.T., Məmmədova Ü.Ə., Aslanova H.F., Babayeva D.T. Nikel əsasli kompleksin sintezi və toluolun hidrogenləşməsi reaksiyasinda katalitik xassələrinin tədqiqi 133
Qurbanlı Ü.R., Həsənov Ə.A., Rəsulov Ç.Q. Arilalkilfenolun azot tərkibli törəmələrinin sintezi və tətbiqi.....135
Osmanova S.N. , Thybaut J.W., Ismailov E.H Interfacial redox and oxygen spillover in MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2 catalyst: selective formation of C_2 hydrocarbons from methane.....138
Nəsibova G.Q., Sədiyeva N.F., İsgəndərova S.A., Əsədova Ş.N., Quliyeva E.M., Qurbanova G.K. Azərbaycan neftləri qarişiğinin T-1500 mineral yağ distillatindan ayrilmiş naften-parafin konsentratinin oksidləşməsindən alinan sintetik neft turşularinin dietilenqlikol diefiri - yeni antioksidant kimi 140
Mövsümova A.X., Rəsulov Ç.Q., Zalov Ə.Z, İbrahimov H.İ., Həsənova G.C. orto-Xlorfenolun izoprenin tsiklodimerlri iləkatalitik alkilləşmə reaksiyaları 144
Məmmədova M.T., Abasov S.İ., İsayeva Y.S., İskəndərova A.Ə., Süleymanova T.İ., İmanova A.Ə. n-Heksanin fosfatlaşdirilmiş sirkoniumdioksid və Co ilə modifikasiya olunmuş HZSM-5 seolitindən ibarət kompozisiya tərkibli katalizatorlar üzərində çevrilməsi 146
Hacıyeva G.F., Nağıyeva M.V. Seolit tərkibli KH-30 katalizatoru iştirakinda *para*- krezolun tsikloheksenkarbon turşularinin metil efirləri ilə tsikloalkilləşmə reaksiyaları 152
Gurbanova U. R., Rustam T. R. Comparative study of KN-30 and KN-30M catalysts in the alkylation of phenol with isoprenine cyclodimers.....155
Ələsgərova O.M., Kərimov P.M., Əliyeva S.Q., Həsənli N.S. Perxlorat turşu katalizatorunun iştirakı ilə benzoy turşusunun allil efirinin sintezi və tədqiqi..... 157

Axundova K.M., Yunusov S.H., İbrahimova M.C., Zamanova L.S., Ibrahimova Z.M., Ələsgərova S.M. Alüminium əsaslı katalitik kompleksin iştiraki ilə Desen-1-in polimerləşməsindən alınan polialfaolefinlərin spektroskopik üsullarla tədqiqi 160
Əfəndi A., Məhərrəmova L., Qarayeva-Kərimli P., Mayilli P., Əfəndi Ü. Metanolun çevrilmə prosesinin kinetik qanunauyğunluqları 162
Мухаммадиева М.Ж., Рузметов У.У. Гибридное сорбционно-спектроскопическоеопре деление иона Pb (II) с помощью органического реагента ализарин красный С 165
Tutar A., Derin Y. Synthesis and nmr characterization of 4-methoxyphenyl-substituted thiosemicarbazone aryl sulfonate derivatives 168
Poladova T.A., Isayeva A.M., Guliyeva T.X., Vekilova F.M. Synthesis of dodecyl propylammonium pelargonate salt and its investigation as a catanionic surfactant 176
Gabitashvili N., Tsintsadze M., Gvelesiani I., Tsintsadze T., Mamiseishvili M. Prospects for using the antipsychotic drug - olanzapine molecule as an organic ligand 179
Məmmədova Ç.A., Əliyeva F.S., Muğalova G.R., Çıraqov F.M. Salisil aldehidi əsasında sintez edilmiş reagentlərin Fe (III) ilə əmələ gətirdiyi kompleks birləşmələrin spektrofo-tometrik tədqiqi 182
İbrahimli S.İ., Qurbanov Q.B., İsmayılova F.V. Oksidatlar-turşuları əsasında oksipropil efirlərinin sintezi 186
İbrahimli S.İ., İsmayılova F.V., Həsənova A.M. Oksidat-turşu oksipropil efirlərinin sintezində mühüm reaksiya faktorlarinin tədqiqi 186
MehdiyevaS.T.,İmamquliyeva S.E. Üzvi sintezdə tədqiq olunan sintetik reaksiyalar.....190
Mehdiyeva S.T., İmamquliyeva S.E. Bioloji sistemlərdə aldol kondensuləşməsi 192
Aleskerova A.N., Huseynova A.Y., Jahangirova İ.R., Zeynalova S.V. Medical significance of some species of the Genus Centaurea (Asteraceae Dumort.), study of biologically active substances of the centaurea phrygia subsp. phrygia by Gas-Chromatography-mass spectrometry method 193
Kasamanli Kh. H., Taghili I.N., Hasanova F.N. Study of the synthesis of tetraacetyl glycoluryl in the presence of a phosphorus-containing catalysts 204

NEFT KİMYASI

İbrahimova M.C., Qədirli V.S., Mahmudova E.Q., Rəsulova R.A., Məmmədova X.M, Səfərova İ.R. Asetoksinorbornenin izobutil metakrilat ilə birgə polimerləşməsi prosesi 209
Aliyeva L.I., Goyushlu S.S., Bayramzada N.I. Improvement of petroleum bitumen with the participation of elastoplastic modifiers 210
Ибрагимова М.Д., Сеидова С.А., Агамалиева Д.Б., Юсифзаде Ф.Ю. Получение биоцидных ингибиторов на основе экстракта экстракционной очистки нефтяных фракций 213
Yusubov F.F. Analysis of friction stability of organic friction composite materials using the anova approach.....215
Əmiraslanova M.N., Məmmədzadə F.A., Rüstəmov R.Ə., Əliyeva Ş.R., İsayeva P.E., Bayramova T.D. Təbii triqliseridlərlə calaq olunmuş monoalkil(C_8-C_{12}) fenolformaldehid oliqomerləri əsasinda örtükəmələ gətiricilərin aqressiv mühitlərə davamliğinin tədqiqi 219
Həsənov E.K., Təmrazlı T.T., Əlizadə R.A., Qasımov V.C., Abbasova X.A. Texniki neft turşulari əsasinda sintez olunmuş Ni və Co tərkibli səthi aktiv kompozisiyalarin neft–su sistemlərində neftyiğma qabiliyyətinin eksperimental tədqiqi..... 222
Abbasov V.M., Ağamalıyeva D.B., Dadashova N.K., Qurbanova F.C., Məmmədova S.A. Sintetik neft turşulari qarişiği əsasinda alinmiş azotlu üzvi birləşmələrin CO_2 mühitində potensiodinamik

polyarizasiya üsulu ilə inhibitor xassələrinin tədqiqi 226
Abbasov V.M., İsmayılov T.A., Quliyeva G.M., Abdullayev E.Ş., Hüseynova B.Ə., Süleymanova S.S., Əliyev T.S., Rzayeva S.Q. Aşağı kür çökəkliyi yeni quyu neftlərinin tədqiqi.....229
Abbasov V.M., Əfəndiyeva L.M., Həsənov E.K., Çerepnova Yu.P., Babanlı Əliyeva N.N., Məmmədova Ş.R., Əliyev T.S. Təbii üzvi turşuların azotlu törəmələrinin yol bitumuna aşqar kimi tədqiqi 231
Abbasov V.M., Məmmədova T.A., Mövsümova P.Ə., Məmmədova N.M., Musayeva Katalitik krekinqin yüngül fleqmasinin hidrokrekinq prosesinin tədqiqi.....234
Abbasov V.M., Mürsəlov N.İ., Quliyeva G.M., Paşayeva Z.N., İsayeva G.Ə. Təbii neft turşularinin efirlərinin sintezi və fiziki xassələrinin tədqiqi 237
Rəsulov Ç.Q., Heydərlı G.Z., Qurbanlı Ü.R., Süleymanova P.V. para-Arilalkilfenol törəmələrinin sintezi və tətbiq sahələrinin müəyyən edilməsi.....240
Naghiyev A.V., Heydarli G.Z., Aghamaliyev Z.Z., Alazova A.S. Production of 2[3(4)-Methylcyclohexen-3-yl-isopropyl]-4-methylphenols and their acylation reactions with acetyl chloride 242
Musazadə K., Babayev E., Əfədi Ü., Nəbiyeva M. Sirkonium əsasli katalizdə son nailiyyətlər və onun bioloji aktiv maddələrin sintezdə tətbiqi.....245
Məmmədova T.A., İmanova A.A., Əliyeva Z.M., Səmədov R.T., Əhməd S.K Vakkum qazoylunun işlənmiş şin qirintilari və tullanti bitki yağlari ilə ultrasəsli kavitasiya təsirində termiki və termokatalitik çevrilmə prosesləri tədqiqi 250
Məmmədova T.A., İmanova A.A., Əliyeva Z.M., Səmədov R.T., Əhməd S.K Исследование процессов термического и термокаталитического превращения вакуумного газойля с измельчёнными отходами шин и отработанными растительными маслами под воздействием ультразвуковой кавитации.....252
Məmmədbəyli E.H., Babayeva V.H., Əzizbəyli A.R., Məmmədova N.M., Mehdizadə Ü.S. Norborn-5-en-2-karbon turşusu və dietilentriamin əsasli imidazolinin bromidli kompleksinin H_2S və biokorroziya proseslərinə təsiri.....254
Məmmədbəyli E.H., İsmayılova S.V., Hacıyeva G.Ə., Məmmədova N.M., Qəhrəmanova K.R., Əfəndiyeva K.M. 3-Metil-1-N,N-dipentilaminometoksitsikloheksan yağlara və yanacaqlara antimikrob əlavə kimi 257
Köçərli Z.Q., Məmmədova T.A. Ekoloji dizel yanacağinin alinmasinda müxtəlif katalizator və ultrasəsli dalğalarinin tətqiqi 260
Karimova-Japharova U.N., Taghiyeva S.F. Study of catalytic properties of Ni (Fe)/γ-Al_2O_3 systems on the process of dry reforming of methane to synthesis gas 262
İsmayılov T.A., Fərhadova R.M., İsmayılov İ.T., İsmailova X.R. Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzlarinin korroziya və duzçökməyə qarşi inhibitorluq xassələri 264
Həsənova L.M., Məmmədova U.V., Ağamaliyeva B.E., Abbaslı T.Ə. C_1–C_4 qaz qarişiğinin hidrogen peroksidlə yüksək oktan ədədli oksigenata biomimetik oksidləşməsi.....267
Həsənov Ə.A., İbadova S.Y., Abdullayeva K.S. Tullanti sularinin izopropil efiri vasitəsilə maye fazali ekstraksiyasi zamani səpələyici ekstraktorda damlanin çökmə sürətinin təyini.....270
Əliyev F.Y., Cavadova H.Ə., Cəfərova İ.A. Sürtkü yağlarinin kimyəvi tərkibinin istismar xassələrinə təsiri 273
Əsgərzadə S.M., Ağamalıyev Z.Z., İbrahimli C.R. Yüksək kükürdlü xam neftin emalı üzrə səmərəli

texnologiyalar 276
Əfəndiyeva N.Z., Zeynalova G.H., Abbasova S.H., Məmmədova R.A., Musazadə İ.A. Nar bitkisinin qabıq və çəyirdəyindən alınan ekstraktların tədqiqi 278
Babayeva F.Ə., Əhmədova R.H., Yunusov S.H, İbrahimova Z.M, Batyukova Y.V Müxtəlif tərkibli katalizatorlar üzərində təbii qazın çevrilməsi prosesinin tədqiqi 282
Маммадова Т. А., Айдынова Ш. Я., Микаилова А.М. Применение биодизельных эфиров в качестве ресурсосберегающих добавок и модификаторов горения дизельного топлива..... 285
Əliyeva Z.M., Məmmədova T.A., İmanova A.A, Mikayılova A.M, Əliyeva H. Bitki yağları turşularinin butil efirlərinin dizel yanacağı kimi tədqiqi..... 289
Mammadova T.A., Karimli R.J., Utilization of food industry waste for biodiesel production.....291
Mammadova T.A., Samadova N.E Comparison of thermal and thermocatalytic aqua-visbreaking processes of fuel oil .....,. 295
Məmmədova A.T., Məmmədova N.R. Vinilketon, vinilasetat və akril törəmələri əsasında polimerlərin sintez üsullarinin tədqiqi 298
Abbasova V.A., Babayeva S.S. Qeyri-üzvi birləşmələrin tədrisində interaktiv metodların təsir mexanizmi..... 302
Zeynalova G.S., Yusubova D.V., Məmmədova A.T. Kimya dərslərində praktiki məşğələlərin pedaqoji əhəmiyyəti, mərhələli təşkili modeli, qiymətləndirilməsi müəllim və tələbə fəaliyyətinin bölgüsü....306
Təmrazlı T.T., Abbasov V.M., Həsənov E.K, Əhmədbəyova S.F. *Texniki neft turşusu və etilendiamin əsasında sintez olunmuş amidlərin müxtəlif metal duzları ilə kompoisiyasının dizel yanacağında antistatık təsiri.....310*

QEYRİ-ÜZVİ KİMYA

Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3 SİSTEMİNDƏ LİKVİDUS SƏTHİNİN TƏCRÜBİ TƏDQİQİ VƏ ANALITIK 3D- MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

[1]Yusibov Y.Ə., [1]Qurbanov A.A., [2]Əhmədov E.C., [1]Alverdiyev İ.C., Məmmədova A.E.
[1]Gəncə DövlətUniversiteti [2]Kataliz vəQeyri-ÜzviKimyaİnstitutu
elvin.j.ahmadov@gmail.com

Açar sözlər:*Bismutxalkohalogenidləri, likvidussəthi, analitik 3D modelləşdirmə, faza diaqramı, bərkməhlullar*

Key words: *Bismuth chalcohalides, liquid surface, analytical 3D modeling, phase diagram, solid solutions.*

Ключевые слова: *Халькогалогениды висмута, поверхность ликвидуса, аналитическое 3D-моделирование, фазовая диаграмма, твердые растворы.*

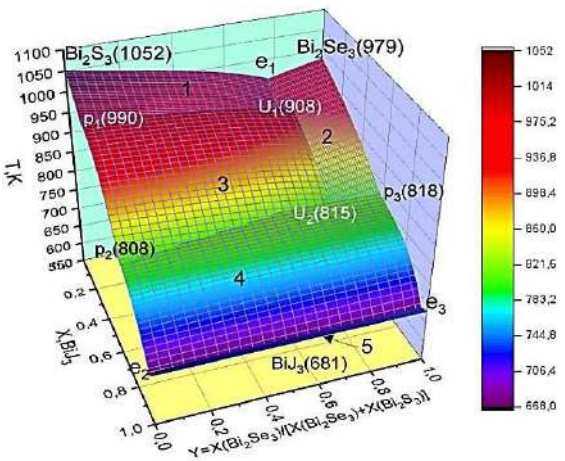
Arsen yarımqrup elementlərinin xalkohalogenidlərinin termoelektrik, fotoelektrik, optik, maqnit və s. kimi qiymətli funksional xassələrə malik olması onlara olan marağı daha da artırır [1-5]. Bu xüsusiyyətlərə malik materiallar müasir texnologiyaların müxtəlif sahələrində praktiki tərbiqlər üçün əla namizəd hesab olunurlar. Son illərdə aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, xüsusilə bismut xalkohalogenidləri və onlar əsasında formalaşan fazalar topoloji izolyator xüsusiyyətləri ilə yanaşı, Raşba spin parçalanması effektini də nümayiş etdirir [6, 7]. Bu xüsusiyyətlər isə həmin materialların spintronika və kvant hesablama texnologiyalarında tətbiqi üçün geniş perspektivlər yaradır.

Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3 kvaziüçlü sistemində faza tarazlıqları DTA və RFA üsulları ilə tədqiq edilmiş, əldə olunan nəticələr və sərhəd kvazibinar sistemlərə dair ədəbiyyat məlumatları əsasında likvidus səthi tədqiq edilmiş və riyazi 3D modelləşdirilməsi həyata keçirilmişdir. Modelləşdirmə zamanı analitik asılılıqlar [8, 9]-da şərh olunan metodika əsasında OriginLab proqramı vasitəsilə alınmışdır.

Sistemin likvidus səthi ümumilikdə 5 fazanın ilkin kristallaşma sahəsindən ibarətdir. Bu fazalardan 4-nünlikvidus səthləri geniş, bir fazanın likvidus səthi isə qatılıq üçbucağının BiI_3təpəsi yaxınlığında cırlaşmışdır.

Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3 kvaziüçlü sisteminin kristallaşma səthlərinin 3D modeliişlənmiş və üçölçülü görüntüsü və proyeksiyası alınmışdır (Şək.1).

Kristallaşma səthinin temperatur asılılıqları T=f(x, y) funksiyası şəklində müəyyən edilmişdir. Burada x–BiI_3-ün nisbi mol hissəsi;y–y=x(Bi_2Se_3/[x(Bi_2 S_3) +x(Bi_2Se_3)] ifadəsi ilə veril-mişdir.



Şək.1. Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3 sis-teminin kristallaşma səthlərinin 3D modeli. İlkin kristallaşma sahələri: 1. Bi_2S_3 əsasında bərk məhlullar; 2. Bi_2Se_3 əsasında bərk məhlullar; 3. $Bi_{19}S_{27}I_3$ əsasında bərk məhlullar; 4. $BiS_{1-x}Se_xI$ bərk məhlulları 5. BiI_3.

ƏDƏBİYYAT

1. H.Koc, S.Palaz, A.M.Mamedov, E.Ozbay. Optical, electronic, and elastic properties of some $A^5B^6C^7$ ferroelectrics (A=Sb,Bi; B=Te,S,Se; C=I,Br,Cl): First principle calculation. Ferroelectrics.511, 22–34, (2017).

2. A.M.Ganose, K.T.Butler, A.Walsh, et al. Relativistic electronic structure and band alig.ofBiSI and BiSeI:candidate photovoltaic materials.J.Mater. Chem.A.4,2060–2068 (2016).

3. H.J.Hu, W.L.Zhen., S.R.Weng, et. al. Enhanced optoelectronic performance and photo-gating effect in quasi-one-dimensional BiSeI wires. Appl. Phys. Lett. 120, 201101, (2022).

4. L.Demko,G.A.H.Schober,V.Kocsis, et.al.Giant magneto-optical response in non-magnetic semiconductor BiTeI driven by bulk Rashba spin splitting. Phys.Rew.Let.109,1-5, (2012).

5. M.B.Babanly, E.V.Chulkov, Z.S.Aliev, et. al. Phase Diagrams in Materials Science of Topological Insulators Based on Metal Chalcogenides// Rus. Jour. Inorg. chemistry. 62, 1703–1729 (2017)

6. G.Landolt, S.V.Eremeev, Y.M.Koroteev, et. al.Disentanglement of Surface and Bulk Rashba Spin Splittings in Noncentrosymmetric BiTeI.Rew.Phys.Rev.Let.109,116403 (2012)

7. K.Ishizaka, M.S.Bahramy, H.Murakawa, et. al. Giant Rashba-type spin splitting in bulk BiTeI. Nat. Mater. 10, 521 –526 (2011)

8. A.N.Mammadov ,U.N.Sharifova , M.B.Babanly, et. al. Application of fuzzy logic theory to thermodynamic modeling of phase equilibrium and oxidation-reduction reactions. Az. Chem.J. 2, 36-51 (2025).

9. S.R.Aslanli, K.N.Babanly, G.M.Ashirov, et. al. Ag_2Se-$SiSe_2$-$SnSe_2$ System: Experimental Study and 3D Visualization of the Phase Diagram Russ. J. Inorg. Chem.70, 2023–2033 (2025)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND ANALYTICAL 3D MODELING OF THE LIQUIDUS SURFACE OF THE Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3 SYSTEM

Yusibov Y.A., Gurbanov A.A., Ahmadov E.J., Alverdiyev I.J, Mammadova A.E.

Summary

Based on the phase diagrams of boundary quasi-binary systems and a limited number of DTA data for alloys, an analytical 3D modeling of the T-x-y phase diagram of the quasi-ternary system Bi_2S_3-Bi_2Se_3-$BiI_3$was performed. Using the obtained analytical expressions for the liquidus surfaces of the phases, their primary crystallization surfaces were visualized.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛИКВИДУСА СИСТЕМЫ Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3

Юсибов Ю.А., Гурбанов А.А.,Ахмедов Э.Дж., Алвердиев И.Дж., Маммадова А.Е.

Резюме

На основании фазовых диаграмм граничных квазибинарных систем и ограниченного числа данных ДТА сплавов проведено аналитическое 3D моделирование T-x-y фазовой диаграммы квазитройной системы Bi_2S_3-Bi_2Se_3-BiI_3. С использованием полученных аналитических выражений поверхностей ликвидуса фаз проведена визуализация их поверхностей первичной кристаллизации.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЛАСТИ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ В СИСТЕМЕ $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$

[1] Бабанлы К.Н., [1]Магаммедрагимова Р.С., [1]Аллазова Н.М., [1]Алиев И.И., [2]Ахмедова Дж. А., [1]Сулейманова М.Н.
[1]Институт Химии, МНОАР, [2]Адыяманский Университет, Турция

Ключевые слорва; *Система, квазибинарный, эвтектика, плотность, твердые растворы*.

Açar sözlər: *Sistem, kvazibinar, evtektika, sıxlıq, bərk məhlul.*

С помощью методов физико-химического анализа: дифференциальнотермического анализа (ДТА), рентгенофазового анализа (РФА), микроструктурного анализа, а также измерений плотности и микротвердости, были исследованы сплавы системы $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ и определены области твердых растворов. Уста-новлено, что система $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ является квазибинарной и относится к эвтектическому типу. В системе $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ при комнатной температуре существуют ограниченные области твердых растворов на основе исходных компонентов. Микроструктурный анализ показал, что при комнатной температуре твердые растворы на основе соединения $InAs_2S_2Se_2$ дости-гают 3 мол. %, а на основе $In_3As_2S_3Se_3$ - 10 мол. %. Состав эвтектики, образованной между сое-динениями $InAs_2S_2Se_2$ и $In_3As_2S_3Se_3$, составляет 25 мол. %, при температуре 265°C.

Введение

Соединения $InAs_2S_2Se_2$ и $In_3As_2S_3Se_3$ были синтезированы из соединений As_2S_3, As_2Se_3 и InSe. Рассмотрим следующие свойства этих соединений.

Известно, что халькогениды мышьяка и сплавы на их основе, как фоточувствительными [1-7], люминесцентными [8,9] и акустооптическими [10] свойствами широко применяются в электронной технике. Халькогенидные волокна изготовленные на основе As_2S_3 и As_2Se_3 широко используется в электронной технике [11-14]. Первоначально был разработаны для передачи света на средних ИК-длинах волн, нашли применение как компактная нелинейная среда, позволяющая, комбинационному усилению и оптической генерации [15], а так же преобразованию длины волны [16]. Соединение InSe также является хорошими фотоэлектрическими свойствами [17-19].

Экспериментальная часть

Синтез сплавов системы $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ проводили путем сов-местного плавления компонентов $InAs_2S_2Se_2$ и $In_3As_2S_3Se_3$ в кварцевой ампуле с воздухом, всасываемым под давлением 0,133 Па. Синтез сплавов проводили в температурном диапазоне 500-1100°C. Сплавы подвергали термической обработке при 260 в течение 150 часов для их гомогенизации. Затем образцы исследовали с помощью физико-химических методов анализа (ДТА, РФА, МКВА, измерение плотности и микротвердости). Дифференциально-термический анализ (ДТА) сплавов проводили на низкочастотном пирометре HTR-73. В качестве термопары использовали хромель-алюмель, скорость нагрева составляла 10°C/мин.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на рентгеновском дифрактометре D2

PHASER. В данном случае использовалось излучение CuKα и никель-фильтр. Микроструктурный анализ образцов проводился на микроскопе МИМ-8. Для различения фаз в хорошо отполированных образцах в качестве травильного раствора использовался хромовый раствор. Микротвердость сплавов измерялась на металлографическом микроскопе ПМТ-3. Плотность образцов определялась пикнометрическим методом, в качестве рабочего раствора использовался толуол

Результаты и обсуждение

Результаты термического анализа показывает, что на всех термограммах, за исключением сплава, содержащего 25 мол. % $In_3As_2S_3Se_3$, появляется два эндотермических эффекта относящиеся к солидуса и ликвидусу системы.

Микроструктурный анализ показал, что за исключением сплавов, содержащего 0-3 и 90-100 мол. % $In_3As_2S_3Se_3$, все остальные сплавы -двухфазные. Эти данные хорошо согласуются с результатами рентгенофазового анализа. При комнатной температуре растворимость на основе исходных компонентов $InAs_2S_2Se_2$ и $In_3As_2S_3Se_3$ ограниченная и составляет 3 и 10 мол. %, соответственно.

При измерении микротвердости сплавов системы $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ получены два разных значения. Величина микротвердости (1300-1400) МПа соответствует микротвердости α-твердого раствора на основе $InAs_2S_2Se_2$, а величина (850-970) МПа соответствует микротвердости β-твердого раствора на основе $In_3As_2S_3Se_3$.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dinesh Chandra SATI1, Rajendra KUMAR, Ram Mohan MEHRA Influence of Thickness Oil Optical Properties of a: As_2Se_3 Thin Films // Turk J Phys, 2006. V.30. P.519- 527.

2. Lovu M., Shutov S., Rebeja S., Colomeyco E., Popescu M. Effect of metal additives on photodarkening kinetics in amorphous As_2Se_3 films // Journal of Optoelectronics and Advanced Materials 2000. V. 2, Issue: 1. P 53-58.

3. Jun J.LiDrabold. D.A.Atomistic comparison between stoichiometric and nonstoichiometric glasses: The cases of As_2Se_3 and As_4Se_4 //Phys. Rev.2001, V.64. P.104206-104213.

4. Кириленко В.В., Дембовский С.А., Поляков Ю.А. Оптические свойства стекол в системах As_2S_3–TlS и As_2Se_3–TlSe // Известия АН СССР. Неорганические материалы, 1975, т.11, №11, с.1923-1928.

5. Алиев И.И., Бабанлы М.Б., Фарзалиев А.А. Оптические и фотоэлектрические свойства тонких пленок стекол $(As_2Se_3)_{1-x}(TlSe)_x$ (x=0,05-0,10) // XI Международная конференция по физике и технологии тонких пленок. Иваново-Франковск, Украина, 7-12 мая, 2007, с. 86.

6. Seema Kandpal, Kushwaha R. P. S.. Photoacoustic spectroscopy of thin films of As_2S_3, As_2Se_3 and $GeSe_2$ // Indian Academy of Sciences. PRAM ANA journal of physics. 2007. V. 69. No. 3. P. 481-484.

7. Andriesh A.M., Verlan V. I.. Donor- and acceptor-like center revealing by Photoconduktivity of amorphous thin As_2Se_3 films // Journal of Optoelectronic and Advanced Materials 2001. V. 3. No. 2, June. P. 455 – 458.

8. Бабаев А. А., Мурадов Р., Султанов С. Б., Асхабов А. М.. Влияние условий получения на оптические и фотолюминесцентные свойства стеклообразных As_2S_3 //

Неорган. материалы. 2008. №11. Т.44. С. 1187-1201.
9. Bhawana Dabas and R. K. Sinha Dispersion Properties of Chalcogenide As_2Se_3 Glass Photonic Crystal Fiber // ICOP 2009-International Conference on Optics and Photonics Chandigarh, India, 30 Oct.-1 Nov.2009. P. 123-127.
10. Littler I.C.M., Fu L.B.Mägi E.C..Pudo D., Eggleton B.J. Widely tunable, acoustooptic resonances inChalcogenide As_2Se_3 fiber//Optics Express.2006.V.14.Issue18. P.8088- 8095.
11. Slusher R.E., Lenz G., Hodelin J., Sanghera J., Shaw L.B., Aggarwal I.D. Large Raman gainand nonlinear phase shifts in high-purity As_2Se_3 Chalcogenide fibers // J. Opt.Soc.Am. 2004. V. 21. P. 1146-1155.
12. Diez A., Birks T.A., Reeves W.H., Mangan B.J., and Russell P.St. J., Excitation of cladding modes in photonic crystal fibers by flexural acoustic waves //Optics Lett. 2000. V.25. P. 1499-1501.
13. Churbanov M.F., Shiryaev V.S., Skripachev I.V., Snopatin G.E., Pimenov V.G., Smetanin S.V.,Shaposhnikov R.M., Fadin I.E., Pyrkov Yu.N.,and Plotnich.V.G.Высокочистые как $As_2S_{1,5}$ $Se_{1,5}$ стекла оптических волокон Неорг.МА-терилы. 2002.Т.39. №2.Р.193-197.
14. Moon J.A. and Schaafsma D.T., "Chalcogenide Fibers: An Overviewof Selected Applications", Fiber and Integrated Optics, 2000. V.19. P. 201- 210.
15. Fu L.B., Rochette M., Ta'eed V., Moss D., Eggleton B.J., Investigation of self-phase modulation based optical regeneration in single mode As_2Se_3 Chalcogenide glass fiber // Opt. Express 2005. V.13. P.7637-7640.
16. Asobe M., Ohara T., Yokohama 1., Kaino T. Fabrication of Bragg grating in Chalcogenide glass fibre using the transverse holographic method // Electron. Lett. 1996. V.32. P. 1611-1613.
17. Бакуменко В.Л.,.Ковалюк З.Д,.Курбатов Л.Н, Чишко В.Ф.. Фотоэлек-трические свойства моноселенида индия // ФТП. Т.12. №11. 1971. С. 2248 – 2249.
18. Tagiev B.G., Niftiev G.M., Abushov S.A., and Khalilov A.O.. Optical properties of $InSe_{1-x}S_x$ single crystals. Phys.stat. sol.(b). 1983. V.119. P. 143 –148.
19. Тагиев Б.Г., Абушов С.А., Тагиев О.Б., Фотоэлектрические свойства моно-кристаллов InSe1-x Sx // Fizika. 2008. XIV. №3. С. 159-161.

$InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ SİSTEMİNDƏ BƏRK MƏHLUL ƏRİNTİLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏDQİQİ

Allazova N.M., Məhəmmədrəhimova R.S., Əliyev İ.İ., Babanlı K.N., Ahmedova C.A., Süleymanova M.H.

Xülasə

Bərk məhlul s ahələrini təyin etmək üçün $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ sisteminin ərintiləri fiziki-kimyəvi analiz metodları (DTA, rentgenfaza (RFA), mikroquruluş (MQA) , eləcə də sıxlıq və mikrobərkliyin ölçmələri) vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, $InAs_2S_2Se_2$-$In_3As_2S_3Se_3$ sistemi kvazibinar və evtektik tipə aiddir. $InAs_2S_2Se_2$ - $In_3As_2S_3Se_3$ sistemində otaq temperaturunda ilkin komponentlərə əsaslanan məhdud bərk məhlul sahələri mövcuddur. Mikroquruluş təhlili göstərdi ki, otaq tempe-raturunda $InAs_2S_2Se_2$ əsasında bərk məhlul sahəsi 3 mol %-ə, $In_3As_2S_3Se_3$ əsasında isə 10 mol % təşkil edir. $InAs_2S_2Se_2$ və $In_3As_2S_3Se_3$ arasında əmələ gələn evtektikanın tərkibi 25 mol %, temperaturu 265°C-dir.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE ELECTROREDUCTION PROCESS OF LEAD IONS FROM NON-AQUEOUS ELECTROLYTE

Agazade T.T., Jafarova S.F., Javadova S.P., Majidzade V.A. ,Aliyev A.Sh.
Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry
ceferova.samira@list.ru, vuska_80@mail.ru,akifaliyev55.@mail.ru

Keywords: *Lead ions, electroreduction, polarization, ethylene glycol.*
Ключевые слова: *Ионы свинца, электровосстановление, поляризация, этилен-гликоль.*
Açar sözlər: *Qurğuşun ionları, elektroreduksiya, polyarizasiya, etilenqlikol.*

This study examines the influence of temperature on the electroreduction of lead ions from ethylene glycol. After determining the potential range for lead ion electroreduction in the temperature range of 25-75°C, the effect of temperature on the process was investigated. The results show that increasing temperature increases the rate of electroreduction.

In recent decades, thin films have found wide application in various fields of technology – automation, data transmission, radio engineering, and the semiconductor industry [1-3].Such thin films represent a rapidly developing area of materials science, aimed at creating substances with specified physical,chemical or biological properties[4-5].

Lead-based thin films have high potential in optoelectronics and sensors due to their narrow band gap. They are used in IR detectors, solar cells, and sensors [6-7].

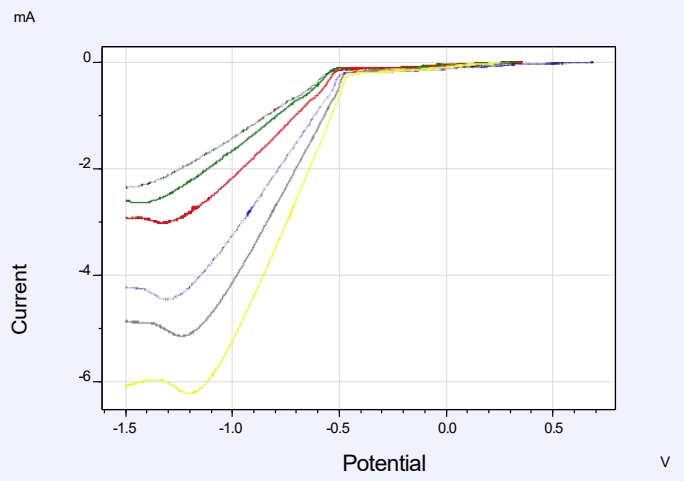


Fig. 1. Cathodic polarization curves of the effect of temperature of electro-reduction of lead ions on the Pt elec-trode. Electrolyte (mol/l): $Pb(NO_3)_2$. E_V = 0.02 V/sec.T(K), black- 298; green – 308; red – 318; blue – 328; grey – 338; yellow - 348

The aim of this study is to investigate the effect of temperature on the electroreduction of lead ions from ethylene glycol. To do this, we first determined the potential range at which lead ion electroreduction occurs. The effect of temperature on lead ion electrodeposition and electroreduction was studied over a temperature range of 25-75°C.

The study was conducted using an IVIUMSTAT Electrochemical Interface potentiostat. A 100 ml glass three-electrode electrochemical cell was used. A 0.35 cm² platinum plate served as the working electrode, and a 4 cm² platinum plate served as the auxiliary electrode. A silver chloride electrode served as the reference electrode.

As can be seen from Fig. 1, the effect of temperature on the process was studied over a potential range of 0.7 to (-1.5) V. Here, the initial stage of lead ion electroreduction occurs at a potential of -0.57 V. As temperature increases, a more anodic shift in potential is observed.

Furthermore, with increasing temperature, the current consumed in the electroreduction process increases from 2.4 mA to 6.2 mA.

ЛИТЕРАТУРЫ

1.V.A. Majidzade, S.P. Javadova, A.Sh. Aliyev, D.B. Tagiyev. Effect of major factors on the composition of thin Bi_2Se_3 films.*Russian Journal of Applied Chemistry.* 94 (2021) 38-42. https://doi.org/10.1134/S1070427221010067

2.V.A. Majidzade, S.F. Jafarova, I. Kasimogli,Sh.O. Eminov, A.Sh.Aliyev, A.N.Azizova,D.B. Tagiyev. Electrical and Photoelectrochemical Properties of Thin MoS_2 Films Produced by Electrodeposition. *Inorganic Materials.* 57 (2021) 331–336. https://doi.org/10.1134/S0020168521040105

3.V.A. Majidzade, A.Sh. Aliyev. Electrodeposition of $Ni_3Bi_2Se_2$ thin semiconductor films. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering.* 40(4) (2021) 1023-1029. https://doi.org/10.30492/ijcce.2020.43334

4.Majidzade V.A., AliyevA.Sh. Guliyev P.H. Babanly D.M. Electrodeposition of the Sb_2Se_3 thin films on various substrates from the Tartaric electrolyte // Journal of Electrochemical Science and Engineering, 2020, V. 10 No. 1, p. 1-9

5.Yu F., Wu Z., Qian Ch., Huang Z., liu Y., Zhang J., Zhong S. In-situ sulfur passivetion enabling high open-circuit voltage in hydrothermally Sb_2S_3 solar cells. Materials Today Energy, 2025, Vol. 54, 102083.https://doi. org/10.1016/ j.mtener. 2025. 102083

6.W.L. Jiang, H. Deng, Q. Feng, X.Y. Li. A method for preparing high-quality PbS thin films. *Chalcogenide Letters.* 18(8)(2021) 449 - 455

7. M.C. Gupta, J.T. Harrison, Md.T. Islam. Photoconductive PbSe thin films for infrared imaging.Mater. Adv. 2(2021) 3133-3160.https://doi.org/10.1039/D0MA00965B

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕССЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЯ ИОНОВ СВИНЦА ИЗ НЕВОДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Агазаде Т.Т., Джафарова С.Ф., Джавадова С.П., Меджидзаде В.А., Алиев А.Ш.

Резюме

Работа посвящена влиянию температуры на процесс электровосстановления ионов свинца из этиленгликоля. После определения области потенциалов электровосстановления ионов свинца при интервале температур 25-75℃ исследовано Влияние температуры на процесс. Результаты показывают, что с увеличением температуры скорость процесса электровосстановления увеличивается.

SUSUZ ELEKTROLİTDƏ QURĞUSUN İONLARININ ELEKTROREDUKSİYA PROSESİNƏ TEMPERATURUN TƏSİRİ

Ağazadə T.T., Cəfərova S.F., Cavadova S.P., Məcidzadə V.A., Əliyev A.Ş.

Xülasə

Bu tədqiqat işi etilen qlikol elektrolitindən qurğuşun ionlarının elektroreduksiya prosesinə temperaturun təsirinəhəsr edilmişdir. Qurğuşun ionlarının elektroreduksiya prosesi üçün potensial diapazonu müəyyən edildikdən sonra, temperaturun prosesə təsiri 25-75°C intervalda tədqiq edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, temperaturun artması elektroreduksiya prosesinə müsbət təsir göstərir və prosesin sürətini artırır.

GeTe-SnTe-Sb_2Te_3 SİSTEMİNİN $Ge_2Sb_2Te_5$-"$Sn_2Sb_2Te_5$" POLİTERMİK KƏSİYİ

[1]Nəbiyev E.R.,[2]Oruclu E.N., [1]Əliyeva Z.M., [1]Yusibov Y.A., [3]Babanlı M.B., Bayramova G.G.
[1]Gəncə Dövlət Universiteti, [2]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,
[3]Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu,
elnur.oruclu@yahoo.com

Açar sözlər: *Germanium xalkogenidləri, qalay xalkogenidləri, faza diaqramı, laylı materiallar, bərk məhlullar.*

Key words: *Germanium chalcogenides, tin chalcogenides, phase diagram, layered materials, solid solutions.*

Ключевые слова: *Халькогениды германия, халькогениды олова, фазоваядиаграмма, слоистые материалы, твердые растворы.*

$A^{IV}Te$-$B^{V}{}_2Te_3$ (A^{IV}-Ge, Sn, Pb; B^{V}-Sb, Bi) sistemlərində əmələ gələn tetra-dimitəbənzər quruluşlu laylı homoloji sıra birləşmələri termoelektrik, topoloji izolyator və optoelektronika materialları kimi böyük maraq doğurur [1,2]. Xüsusilə də ger-manium əsaslı üçlü birləşmələr dönər faza çevrilmə yaddaşına malik fazalardır və bəziləri müvafiq yaddaş qurğularında tətbiq olunurlar [3]. Bu sinif birləşmələrin funksional xassə-lərinin optimallaşdırılmasının ən əlverişli yollarından biri onlar əsasında müxtəlif əvəzləmə bərk məhlullarının alınmasıdır. Bu problemin həlli müvafiq sistemlərdə faza tarazlıqlarının öyrənilməsi ilə bağlıdır. Təqdim olunan işdə GeTe-SnTe-Sb_2Te_3 üçlü $Ge_2Sb_2Te_5$-"$Sn_2Sb_2Te_5$" politermik kəsiyində faza tarazlıqlarının tədqiqinin nəticələri verilmişdir.

Tədqiqatlar üçün öyrənilən kəsiyin nümunələri GeTe, SnTe və Sb_2Te_3 binar birləş-mələrindən istifadə edilməklə sintez olunmuşdur. Belə ki, seçilmiş tərkibli nümunələr analtik tərəzidə çəkildikdən sonra kvars ampullara doldurularaq vakuumlaşdırılmış və ağzı oksigen-təbii qaz alovunda kəsilmişdir. Nümunələr 1050 K-də 6 saat saxlanıldıqdan sonra maye haldan buzlu suda tablandırılmış və tarazlıq vəziyyətinə maksimum çatdırmaq üçün 800 K-də 800 saat termiki emal olunmuşdur.

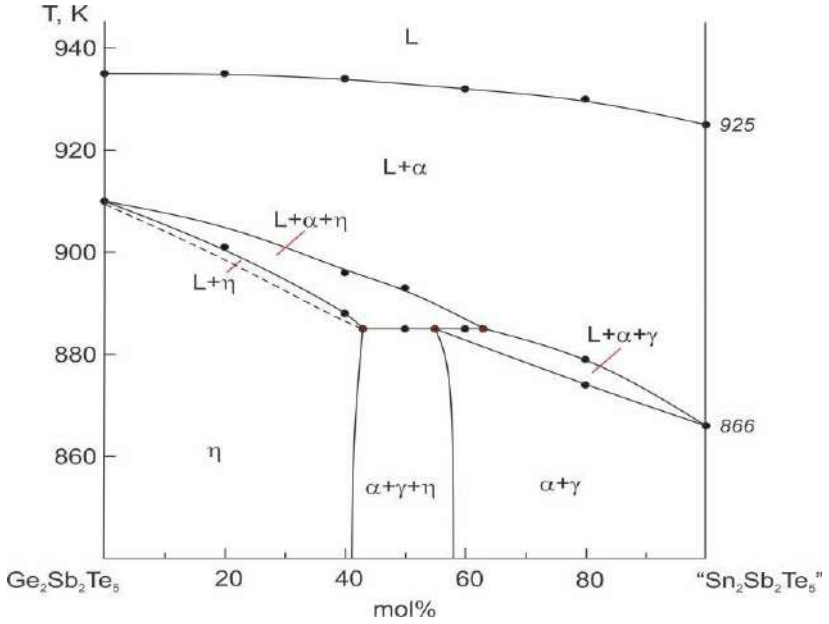
Yaxşı homogenləşdirilmiş nümunələr differensial termiki analiz (DTA), rentgenfaza analizi (RFA) və skanedici elektron mikroskopiya (SEM) üsulları ilə tədqiq olunmuşdur.

Termiki emal olunmuş nümunələrin toz difraktoqramlarının analizi göstərir ki, bu kəsik üzrə nümunələri faza tərkiblərinə görə 3 qrupa bölmək olar. 0-40 mol% "$Sn_2Sb_2Te_5$" tərkibli nümunələr birfazalıolduğu halda, 60-100 mol% "$Sn_2Sb_2Te_5$ tərkibli nümunələr ikifazalıdır.Aralıq 50 mol% "$Sn_2Sb_2Te_5$" tərkibli nümunə isə üçfazalıdır. SEM nəticələri də bunu təsdiqləyir. DTA nəticələrinin GeTe-Sb_2Te_3 və SnTe-Sb_2Te_3 sistemlərinin faza diaqramları, həmçinin RFA və SEM nəticələri nəzərə alınmaqla analizi əsasında qurulmuş faza diaqramı şəkil 1-də göstərilir. Diaqramda α-GeTe-SnTe sistemində kubik quruluşlu fasiləsiz bərk məhlullar, γ - $GeSb_2Te_4$-$SnSb_2Te_4$ kəsiyi üzrə fasiləsiz bərk məhlul sırası, η - $Ge_2Sb_2Te_5$ birləşməsi əsasında bərk məhlulları göstərir.

Qurulunmuş diaqramdan görünür ki, likvidus əyrisi 935-920 K temperatur intervalında yerləşən monoton əyridir. Likvidusdan aşağıda ~0-65 mol% "$Sn_2Sb_2Te_5$" tərkib intervalımda kristallaşma L+α ↔η peritektik reaksiyası üzrə 910-885 K temperatur intervalında davam edir və hər iki ilkin fazanın tam sərf olunması ilə başa çatıt. Ona görə də solidusdan aşağıda həmin

nümunələr bircinsli ε-fazadan ibarətdirlər. 65-100 mol% "$Sn_2Sb_2Te_5$" tərkib intervalında likvidusdan aşağıda kristallaşma L+α ↔γ monovariant peritektik reaksiyası üzrə davam edir və maye fazanın tam sərf olunması, α-fazanın artıqlığı ilə bitir.

Bir-biri ilə həmsərhəd olan L+α+η və L+α +γ üçfazalı sahələrinin mövcudluğu baxılan kəsik üzərində L+α ↔ γ+η keçid reaksiyasını labüd edir. Faza diaqramında bu izotermik (nonvariant) proses 885 K-ə uyğun üfqi xətlə əks olunur. Beləliklə, $Ge_2Sb_2Te_5$-"$Sn_2Sb_2Te_5$" politermik kəsiyi bütövlükdə qeyri-stabildir, lakin subsolidusda $Ge_2Sb_2Te_5$ əsasında geniş (40 mol%-dən artıq) bərk məhlul sahəsi əmələ gəlməsilə xarakterizə olunur.



Şəkil 1. $Ge_2Sb_2Te_5$- "$Sn_2Sb_2Te_5$" politermik kəsiyinin faza diaqramı.

ƏDƏBİYYAT

1. Wang, L.-L. (2022). Highly tunable band inversion in AB_2X_4 (A=Ge, Sn, Pb; As, Sb,Bi; Se,Te) compounds. Physical Review Materials, 6(9).
https://doi.org/10.1103/ physrev materials. 6.094201

2. Yu,Y.,Xu,X., Bosman, M.,*etal.*(2024). Germanium-telluride-based thermoelectrics. Nature Reviews Electrical Engineering,1(2),109-123.
https://doi.org/10.1038/s44287-023-00013-6

3. Jiang, Y., Wei, T.-R., & Shi, X. (2023). Beyond phase-change materials: Pseudo-binary $(GeTe)_n(Sb_2Te_3)_m$ alloys as promising thermoelectric materials. Materials Today Physics, 36, 101167. https://doi.org/10.1016/ j.mtphys.2023.101167

$Ge_2Sb_2Te_5$-"$Sn_2Sb_2Te_5$"POLYTHERMAL SECTION OF THE GeTe-SnTe-Sb_2Te_3 SYSTEM

Nabiyev E.R., Orujlu E.N., Aliyeva Z.M., Yusibov Y.A., Babanly M.B, Bayramova G.G.

Summary

The GeTe-SnTe-Sb_2Te_3 system was investigated along the $Ge_2Sb_2Te_5$-"$Sn_2Sb_2Te_5$" polythermal section. The phase diagram of the system was constructed based on DTA, XRD, and SEM analyses of samples synthesized by a specific methodology and subjected to long-term heat treatment. The studied section is generally non-stable.However, in the subsolidus

region it is characterized by the formation of a wide (over 40 mol%) solid solution region based on $Ge_2Sb_2Te_5$.

$Ge_2Sb_2Te_5$–"$Sn_2Sb_2Te_5$" ПОЛИТЕРМИЧЕСКОЕ СЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ GeTe-SnTe-Sb_2Te_3

Набиев Э.Р., Оруджлу Э.Н., Алиева З.М., Юсибов Я.А., Бабанлы М.Б.,Bayramova G.G.

Резюме

Система GeTe-SnTe-Sb_2Te_3 исследована пополитермическому сечению $Ge_2Sb_2Te_5$–"$Sn_2Sb_2Te_5$". На основе данных ДТА, РФА и СЭМ образцов, синтезированных по специальной методике и подвергнутых длительной термической обработке построена фазовая диаграмма системы. Рассматриваемое сечение в целом является нестабильным. Однако в области субсолидуса оно характеризуется образованием широкой (более 40 мол%) области твердых растворов на основе $Ge_2Sb_2Te_5$.

$Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ BƏRK MƏHLULLARININ SİNTEZİ VƏ RENTGENFAZA ANALİZİ

[1]Nəbiyev E.R., [2]Əbülhəsənov D.A., [1]Zeynalova G.S., [2]Oruclu E.N. Bayramova G.G.
[1]Gəncə Dövlət Universiteti, [2]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
elnur.oruclu@yahoo.com

Açar sözlər: *Bərk məhlullar, laylı materiallar, tetradimitəbənzər quruluş,funksional materiallar.*

Keywords: *Solid solutions, layered materials, tetradymite-type structure, fuctional materials.*

Ключевые слова: *Твёрдые растворы, слоистые материалы, структура типа тетрадимита, функциональные материалы.*

Laylı quruluşlu metal xalkogenidləri özünəməxsus quruluş xüsusiyyətləri və perspektivli fiziki xassələri ilə müasir materialşünaslıqda geniş öyrənilənmateriallar hesab olunur. Bu birləşmələr arasındaGeTe-Bi_2Te_3kvazibinar sistemində əmələ gələn laylı fazalar tetradimitəbənzər quruluşlu olub,ümumi formulu $Ge_nBi_{2n}Te_{3n+1}$ olanhomoloji sıralar əmələ gətirir və termoelektrik, faza çevrilməsi və topoloji xassələr baxımından perspektivli hesab olunur[1-3]. Bu üçlü fazaların məlum xassələrini optimallaşdırılması üsullarından biri Mn, Sn və Pb ilə olan analoji sistemlərdəki eyni quruluşlu birləşmələrlə əmələ gətirdiyi əvəzolunma bərk məhlulların öyrənilməsidir [4,5]. Belə əvəzlənmə birləşmənin kimyəvi tərkibini idarə etməyə, bununla da onun kristal quruluşunu, faza tərkibini və funksional xassələrini məqsədyönlü şəkildə tənzimləməyə imkan verir. Bu baxımdan $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ bərk məhlullarının alınması və onların tədqiqi tərkib-quruluş əlaqələrinin müəyyənləşdirilməsi üçün vacib istiqamətlərdən biridir.

Təqdim olunan işdə xüsusi yanaşma tətbiq etməklə $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ ümumi formulu olan müxtəlif tərkibli x=0.6; 1.2; 1.8; 2.4 xəlitələr sintez edilmiş və rentgenfaza analiz üsulu ilə tədqiq edilmişdir. Bunun üçün ilk öncə GeTe, SnTe və Bi_2Te_3 ilkin binar birləşmələri sintez edilmiş və fərdiliyi differensial termiki analiz (DTA) və rentgenfaza analizi (RFA) ilə təsdiq edilmişdir. Xəlitələr bu birləşmələrdən istifadə etməklə hazırlanmış, 750°C-də 6 saat saxlanıldıqdan sonra buzlu suda tablandırılmışdır. Bircins xəlitələr almaq üçün daha sonra

500°C-də 720 saat termiki emal olunmuş və proses bitdikdən sonra sobanı söndürməklə soyudulmuşdur.

DTA ölçmələri "TC-08 Termocouple Data Logger" elektron məlumat qeydedicisi əsasında hazırlanmış çoxkanallı qurğuda aparılmışdır. RFA üçün isə Bruker firmasının D2 PHASER difraktometrindən ($CuK_{\alpha 1}$ şüalanma, 5-75°) istifadə olunmuşdur.

Sintezdən sonra yaxşı homogenləşdirilmiş nümunələrin toz RFA nəticələrinin analizi göstərir ki, bütün xəlitələrin difraksiya mənzərəsi bircinslidir və ilkin üçlü birləşmələr olan $Ge_3Bi_2Te_6$ və $Sn_3Bi_2Te_6$ilə oxşardır. Beləliklə, bütün rentgenoqramların romboedrik quruluşa uyğun olaraq R-3m (№166) fəza qrupunda tam indeksləndiyi müəyyən edilmişdir. Xüsusilə kiçik bucaqlarda (5-30°) gözə çarpan kiçik bucaqlara doğru sürüşmələr isə Sn^{2+}(~0.69 Å) ion radiusunun Ge^{2+} (~0.53 Å) nəzərən böyük olması ilə əlaqədardır. Toz RFA nəticələri əsasında Le-Bail dəqiqləşdirməsi ilə hər bir nümunənin qəfəs parametrləri hesablanmışdır. Qəfəs parametrlərinin tərkibdən aslılığı göstərir ki, *a* və *c*parametrlərinin dəyişməsi Veqard qaydasına uyğun olaraq xətti qanunla dəyişir. Bütün bu nəticələr onu göstərir ki, $Ge_3Bi_2Te_6$-$Sn_3Bi_2Te_6$ sistemində solidusdan aşağıda bütün qatılıq intervalında əvəzolunma bərk məhlullar əmələ gəlir.

ƏDƏBİYYAT

1. Marcinkova, A., Wang, J. K., Slavonic, C.,*et al.* (2013). Topological metal behavior in $GeBi_2Te_4$single crystals. Physical Review B, 88(16).
2. https://doi.org/10.1103/physrevb.88.165128
3. Yu, Y., Xu, X., Bosman, M., *et al.* (2024). Germanium-telluride-based thermoelectrics. Nature Reviews Electrical Engineering, 1(2), 109-123.
4. https://doi.org/10.1038/s44287-023-00013-6
5. Xiao, Y., Xianli, S., Yonggao, Y., *et al.* (2021). Structures and Thermoelectric Properties of $(GeTe)_nBi_2Te_3$. Journal of Inorganic Materials, 36(1), 75. https://doi.org/10.15541/jim20200252
6. Shikin, A. M., Zaitsev, N. L., Eryzhenkov, *et al.* (2026). Topological phase control in $Mn_{1-x}Ge_xBi_2Te_4$ via spin–orbit coupling and magnetic configuration engineering. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 208, 113042. https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2025.113042
7. Estyunin, D. A., Rybkina, A. A., Kokh, *et al.* (2023). Comparative Study of Magnetic Properties of $(Mn_{1-x}A_x^{IV})Bi_2Te_4$ A^{IV} = Ge, Pb, Sn. Magnetochemistry, 9(9), 210.
8. https://doi.org/10.3390/magnetochemistry9090210

SYNTHESIS AND X-RAY DIFFRACTION STUDY OF $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ SOLID SOLUTIONS

Abulhasanov D.A., NabiyevE.R., Zeynalova G.S., Orujlu E.N., Bayramova G.G.

Summary

In this work, $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ solid solutions with compositions x=0.6, 1.2, 1.8, 2 were synthesized and investigated by X-ray diffraction analysis. The diffraction patterns of the homogenized alloys showed that all samples are single-phase and isostructural with the parent ternary compounds $Ge_3Bi_2Te_6$ and $Sn_3Bi_2Te_6$, crystallizing in the rhombohedral structure with space group *R*-3*m* (No. 166). A systematic shift of reflections toward lower angles with

increasing Sn content, together with the linear variation of lattice parameters according to Vegard's law, confirms the formation of substitutional solid solutions over the entire compositional range below the solidus.

СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ТВЁРДЫХ РАСТВОРОВ $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$

Абульхасанов Д.А., Набиев Э.Р., Зейналова Г.С., Оруджлу Э.Н., Bayramova G.G.

Резюме

В данной работе были синтезированы твёрдые растворы $Ge_{3-x}Sn_xBi_2Te_6$ составов x = 0.6, 1.2, 1.8,2 и исследованы методом рентгенофазового анализа. Анализ дифрактограмм гомогенизированных сплавов показал, что все образцы являются однофазными и изоструктурными исходным тройным соединениям $Ge_3Bi_2Te_6$ и $Sn_3Bi_2Te_6$, кристаллизующимся в ромбоэдрической структуре с пространственной группой R-3m (№ 166). Систематическое смещение дифракционных отражений в область меньших углов с увеличением содержания Sn, наряду с линейным изме-нением параметров решётки в соответствии с законом Вегарда, подтверждает образование твёрдых растворов замещения во всём концентрационном интервале ниже солидуса.

COORDINATION CAPABILITIES OF (HEXAHYDROCYCLOPENTA[C] PYRROL-2(1H)-YLCARBAMOYL)-4-METHYLBENZENESULFONAMIDE

[1]Jokhadze E., [12]KIlasonia N., [1]Giorgadze T., [1,3] GvelesianiI.

[1] Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi, [2] I.Javakhishvili Tbilisi State University, R.Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry Georgia Tbilisi, [3] Tbilisi State Medical University, V.Bakhutashvili Institute of Medical Biotechnology, Georgia. Tbilisi.

ellenejokhadze@gmail.com

The subject of our research is the identification of the possibilities of using (hexahyd-rocyclopenta [c]pyrrol-2(1H)-ylcarbamoyl)-4-methylbenzen esulfonamide (gliclazide, medicinal product Diabeton) ($C_{15}H_{21}N_3O_3S$) as a ligand. Gliclazide is a polyglycemic agent from the group of sulfonylureas, the hypoglycemic effect of which is associated with the improvement of insulin secretion during the functioning of pancreatic beta-cells. Gliclazide enhances insulin release and improves its pharmacodynamics.

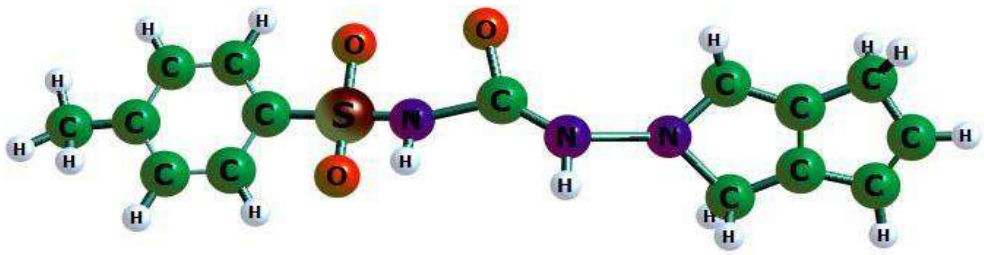


Figure 1. (Hexahydrocyclopenta[c]pyrrol-2(1H)-ylcarbamoyl)-4-methyl benzene sulfonamide (gliclazide) molecule.

The identification of donor atoms and the mechanism of complex formation is important for the study. For this, molecular modeling methods were used, which allowed determining the geometry, structure, and various parameters of the gliclazide molecule. This type of study was carried out using quantum-chemical methods for various solvents.

As a result of the study, it was determined that the analysis of the charges on atoms, electron densities, electron distribution on orbitals, interatomic bond lengths and bond order, and valence angles in the (hexahydrocyclopenta [c] pyrrol-2(1H)-ylcarbamoyl)-4-methyl-benzenesulfonamide (gliclazide) molecule and the comparison of the data showed that: the gliclazide molecule has the ability to exhibit the properties of a bidentate ligand and, taking into account the Chugaev cycle rule, form stable, six-membered metallocycles through the nitrogen of the imine group and one of the oxygen atoms of the sulfo group. Accordingly, it will be used as a ligand with various metals (meaning the so-called "metals of life") for the synthesis of new biocoordination compounds with different metal-to-ligand ratios, in a pre-selected (taking into account the results of quantum-chemical calculations) solvent range, as well as by a pre-selected method. In addition, thiocyanate, chloride, sulfate, nitrate, bromide and iodide ions will be selected as acid ligands, which will make the complexation mechanism and the structures of the resulting compound even more interesting and diverse.

MIXED-LIGAND COORDINATION COMPLEXES OF COBALT(II) AND MANGANESE(II): SYNTHESIS, STRUCTURAL ELUCIDATION AND THEORETICAL STUDY

Kamadadze[1] A., [1,2]Gegeshidze N., [1,2]Tsintsadze T.
[1]Georgian Technical Universiti [2]I. Javakhishvili Tbilisi State University
R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry
nana.gegeshidze@gtu.ge

Two new mixed-ligand coordination compounds of cobalt(II) and manganese(II) were synthesized: [Co·2Thio·2PA]Cl_2 (where Thio denotes thiourea and PA denotes picolinamide) and [Mn·2Thio·2DFA]Cl (where DFA denotes diphenylamine). The com-pounds were isolated in the solid state, their basic physicochemical properties were examined, and structural proposals were formulated.

The influence of different solvents on the complex-forming ability of thiourea was investigated using the semi-empirical quantum-chemical AM1 method. The calculations provided the energetic and geometric parameters of the thiourea molecule, identified the donor atom, and enabled the selection of optimal solvents and synthesis conditions.

The coordination behavior of the organic ligands and the proposed structures of the synthesized complexes were elucidated by IR spectroscopy. For the cobalt(II) compound [Co·2Thio·2PA]Cl_2, IR spectral analysis revealed that thiourea coordinates to the metal via sulfur atoms, while picolinamide binds through the nitrogen atom of the heterocyclic ring and the oxygen atom of the carbonyl group. The complex exhibits an octahedral geometry with a coordination number of 6, and chloride ions are located outside the coordination sphere.

For the manganese (II) complex [Mn·2Thio·2DFA]Cl_2, IR spectral data confirm that thiourea coordinates through sulfur, whereas diphenylamine ligands bind via amine- nitrogen

atoms. The complex exhibits a tetrahedral geometry with a coordination number of 4, and chloride ions are located outside the coordination sphere.

The IR spectral results fully correlate with the theoretical quantum-chemical calculations, validating the proposed structural models of the synthesized mixed-ligand coordination compounds.

APPLICATION OF CARBON DOTS DERIVED FROM CHITOSAN AND THIOUREAAS CORROSION INHIBITORS

Yakhshinorov H.U., Nahanova G.O., Berdimurodov E.T., Akbarov K. Ikramovich
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent
husanyakhshinorov@gmail.com

Key words: *Chitosan, carbon dots, corrosion, inhibitor, hydrothermal method.*

Abstract

Corrosion is a serious issue in many industrial processes such as chemical cleaning, water treatment, acid pickling, and oil well acidization, leading to environmental and economic losses. Mild steel (MS) is widely used in pipelines, infrastructure, and well casings due to its low cost, good mechanical properties, and availability. Because it is highly susceptible to corrosion in acidic environments, it is important to develop effective strategies to prevent corrosion in these processes. Corrosion inhibitors form a protective layer on the metal surface, reducing the contact between the aggressive solution and the metal. In this work, N,S-CDs were synthesized via a hydrothermal method using chitosan and thiourea. The size of the obtained carbon dots was determined using Transmission Electron Microscopy (TEM), and their effectiveness as a corrosion inhibitor for mild steel (MS) in 0.5 M HCl solution was investigated.

Коррозия является серьезной проблемой во многих промышленных про-цессах, таких как химическая очистка, водоочистка, кислотное травление и соляно-кислотная обработка нефтяных скважин, что приводит к экологическим и экономическим потерям. Мягкая сталь (МС) благодаря своей низкой стоимости, хорошим механическим свойствам и доступности широко используется в трубопроводах, инфраструктурных сооружениях и обсадных трубах скважин. Поскольку она极易 подвержена коррозии в кислой среде, разработка эффективных стратегий предотвращения коррозии в этих процессах имеет важное значение. Ингибиторы коррозии образуют защитный слой на поверхности металла, уменьшая контакт между агрессивным раствором и металлом. В данной работе N,S-углеродные точки (N,S-CDs) были синтезированы гидротермальным методом с использованием хитозана и тиомочевины. Размер полученных углеродных точек был определен с помощью просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), и была изучена их эффективность в качестве ингибитора коррозии для мягкой стали (МС) в 0,5 М растворе HCl.

Korroziya kimya təmizləmə, su təmizləmə, turşu ilə dağlama və neft quyularının turşu ilə işlənməsi kimi bir çox sənaye proseslərində ciddi problem olub, ətraf mühitə və iqtisadi itkilərə səbəb olur. Yumşaq polad (MS) aşağı qiyməti, yaxşı mexaniki xüsusiyyətləri və əlçatanlığı sayəsində boru kəmərlərində, infrastrukturda və quyu korpuslarında geniş istifadə

olunur. Turşu mühitində korroziyaya çox meyilli olduğundan, bu proseslərdə korroziyanın qarşısını almaq üçün effektiv strategiyalar hazırlamaq vacibdir. Korroziya inhibitorları metal səthində qoruyucu təbəqə əmələ gətirərək aqressiv məhlul ilə metal arasındakı əlaqəni azaldır. Bu işdə, xitozan və tiokarbamid vasitəsilə hidrotermal üsulla N, S-CDs sintez edildi. Alınan karbon nöqtələrinin ölçüsünü göstərmək üçün Transmission Elektron Mikroskopiyasından (TEM) istifadə edildi və 0,5 M HCl məhlulunda yumşaq polad (MS) üçün korroziya inhibitoru kimi effektivliyi tədqiq edildi.

Currently, the inhibitory effects of many organic and inorganic compounds have been studied, but most of them are highly toxic and harmful to the environment. Therefore, the development of eco-friendly, water-soluble, and economically viable corrosion inhibitors is a pressing issue. Carbon dots (CDs) have become a research focus due to their excellent properties such as stable fluorescence, chemical stability, biocompatibility, and low toxicity. Doping methods, particularly through the introduction of heteroatoms (N, S), enhance the properties of CDs. A number of researchers have applied CDs as corrosion inhibitors in various environments[1, 2]. Steel is widely used as a structural material in engineering and daily life, including in sectors such as the petroleum industry and power plants. However, when acid cleaning processes are carried out in various industrial sectors to remove unwanted scales and rust, steel is easily corroded and dissolved in hydrochloric acid solution. One method of protecting metals from corrosion is the addition of corrosion inhibitors, which adsorb onto the surface and form a protective layer [3]. Corrosion inhibitors used in acidic environments are typically organic compounds containing electronegative atoms (e.g., N, S, P, O) and multiple bonds, which form bonds with the metal surface through n-electrons. Therefore, if both of these features are present in the inhibitor, the inhibition efficiency theoretically increases. Currently, the inhibitory effects of many organic compounds such as triazoles, imidazoles, ionic liquids, and Schiff bases have been reported [4]. However, with growing concern over environmental pollution and human health, the application of these organic inhibitors has been limited to some extent due to their high toxicity. Hence, it is crucial to develop simple methods for preparing water-soluble, safe, and non-toxic corrosion inhibitors [5-7].

Synthesis process

To synthesize carbon dots based on chitosan and thiourea, chitosan (95%, Yuwi Jinchi Cos-metics Co., Ltd., China) was first dissolved in 100 mL of 3% CH_3COOH (acetic acid) solution. Af-ter the chitosan was thoroughly dissolved, an equal amount of thiourea was added to the solution, mixed for 15 minutes, and then subjected to ultrasonication for another 15 minutes. Finally, the re-action was carried out using a hydrothermal method at 180°C for 4 hours. The obtained carbon dots were purified through several steps (filtration, dialysis, and centrifugation) to obtain dry carbon dots.

Results analysis

To determine the size of the carbon dots, Transmission Electron Microscopy (TEM) was used. It can be observed that the size of the obtained carbon dots is in the range of 7–8 nm.

The inhibitory properties of carbon dots obtained from chitosan and thiourea against steel corrosion were studied using the gravimetric method. The inhibitor concentration was set at four different levels, 0.5 M HCl was used as the blank solution, and the calculations were performed at two different temperatures.

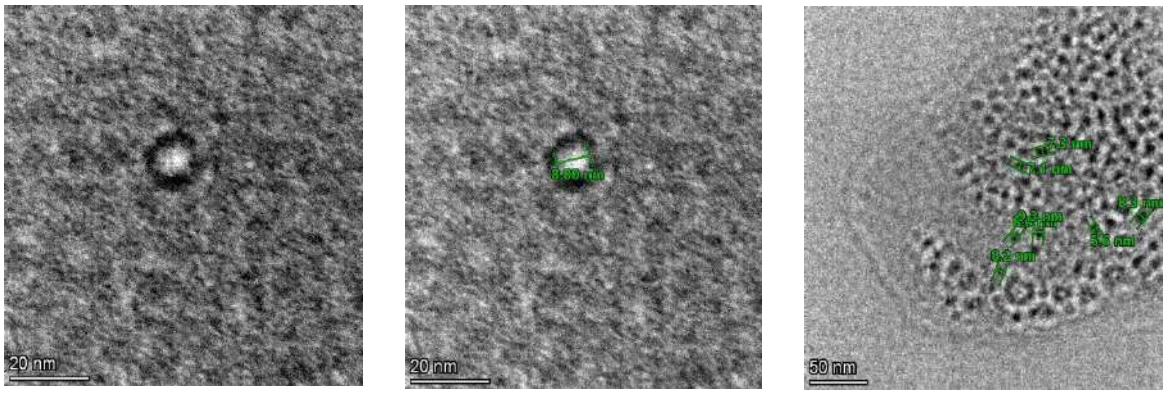


Figure 1. Transmission Electron Microscopy (TEM).

C_{ing}, mg/l	Temperature, K	$KT_{Grav.}$, mg/cm^2·hour	$\eta_{Grav.}$, %	$\theta_{Grav.}$
Blank	303	3,026	-	-
25		0,551	81,79	0,8179
50		0,413	86,35	0,8635
75		0,331	89,06	0,8906
100		0,252	91,68	0,9168
Blank	313	3,292	-	-
25		0,645	79,02	0,7902
50		0,538	81,29	0,8129
75		0,475	83,31	0,8331
100		0,382	88,34	0,8834

The obtained chitosan–thiourea carbon dots are stable, cost-effective, eco-friendly, non-toxic, exhibit good water solubility, and possess high inhibitory efficiency. The obtained carbon dots demon strated highly effective inhibitory properties against metal corrosion and showed a protection level of 91.68%.

REFERENCES

1. Ye,Y., D. Yang, and H. Chen, A green and effective corrosion inhibitor of functionali-zed carbon dots. Journal of Materials Science & Technology, 2019. 35(10): p. 2243-2253.

2. Cui, M., et al., Carbon dots as new eco-friendly and effective corrosion inhibitor. Journal of Alloys and Compounds, 2017. 726: p. 680-692.

3. Cen, H., et al., Carbon dots as effective corrosion inhibitor for 5052 aluminium alloy in 0.1 M HCl solution. Corrosion Science, 2019. 161: p. 108197.

4. He,H., et al., Exploiting machine learning for controlled synthesis of carbon dots-based corrosion inhibitors. Journal of Cleaner Production, 2023. 419: p. 138210.

5., F.T.,et al., Improvement of carbon dots corrosion inhibition by ionic liquid modifi-cation:Experimental and computational investigations.CorrosionScience,2023.224:p. 111541.

6. Cao, J. and B. Liao, Carbon Dots for Anti-corrosion: A Review Describing in Detail the Application and Mechanism of Corrosion Inhibitors. Current Analytical Chemistry, 2025.

7. Long, W.-J., et al., A novel effective carbon dots-based inhibitor for carbon steel against chloride corrosion: From inhibition behavior to mechanism. Carbon, 2024. 218:p. 118708.

HIGH-ENTROPY ALLOYS IN THE BiSI-SbSeI SYSTEM

[1,2]Mammadova N.H., [1]Ahmadov E.J.,[3] Moroz M.V., [1]Imamaliyeva S.Z.
[1]Institute of Chemistry, Baku, Azerbaijan
[2]Ganja State University, Ganja, Azerbaijan
[3]National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
elvin.j.ahmadov@gmail.com

Keywords: *Bismuth chalcohalides, antimonychalcohalides, phase diagram, solid solutions, functional materials, spintronics.*

Ключевые слова: *Халькогалогениды висмута, халькогалогениды сурьмы, фазовая диаграмма, твердые растворы, функциональные материалы, спинтроника.*

Açar sözlər: *Bismuth xalkohalogenidləri, stibium xalkohalogenidləri, faza diaqramı, bərk məhlullar, funksional materiallar, spintronika.*

Chalcoiodides of stibium and bismuth are valuable materials possessing interesting thermoelectric, photovoltaic, and optical properties, as well as Rashba spin splitting, and are highly promising for applications in spintronics, microelectronics, and alternative energy sources [1-4].

One of the main ways to optimize the properties of functional materials is their composition complicated. In this regard, the entropy engineering strategy has been widely applied in recent years. Based on this strategy, a targeted search for various multicomponent phases, including high-entropy alloys (HEAs), is being carried out. High-entropy alloys (HEAs) - unlike conventional alloys, are a new generation of materials that, are not based on a single main element, but usually consist of a mixture of 5 or more elements in an amount of 5-35 at.% and have high configurational entropy ($\Delta S_{mix} \geq 1.6R$) [5]. The unique properties of these materials (high strength, thermal stability, corrosion resistance, etc.) make them highly promising for application in nuclear energy, biomedicine, and aerospace devices [6].

HEAs are more characteristic for metallic systems. However, a number of multicomponent semiconductor phases, including chalcogenide solid solutions, also satisfy the above requirements and can be considered HEAs.

This work presents the results of studying phase equilibria on the BiSI-SbSeI cross-section of the SbSeI+BiSI↔BiSeI+SbSI reciprocal system. In this system, alloys in the 15-85 mol % composition range contain at least 5% of the elemental components of the initial ternary compounds. On the other hand, the maximum concentrations of all elemental components are 33.3 mol %. Therefore, these samples can be considered as HEAs even if they are single-phase. Alloys along the BiSI–SbSeI cross-section were prepared by co-melting the stoichiometric amounts of previously synthesized and identified primary ternary compounds in evacuated (~10^{-2} Pa) quartz ampoules.Then, in order to bring them as close as possible to the equilibrium state, thermal treatment was carried out at a temperature of 750 K for 500 hours. The obtained samples were investigated using differential thermal analysis (TC-08 Thermocouple Data Logger) and X-ray phase diffraction analysis (D2 Phaser diffractometer), and a T-x phase diagram of the system was constructed.It has been found that the system is characterized by a continuous solid solutions between the initial compounds. The liquidus and solidus temperatures of the T-x diagram are monotonic functions of composition.However, the investigated polythermal section cannot be considered quasi-

binary, since the composition of both phases involved in the "liquid-solid phase" two-phase equilibria lies outside the T-x plane of the section under consideration.

The obtained solid solutions with a content of 15-85 mol% BiSI can be considered as HEAs due to the relative amounts of the components.

REFERENCES

1. H.Koc, S.Palaz, A.M.Mamedov, E.Ozbay. Optical, electronic, and elastic properties of some $A^5B^6C^7$ ferroelectrics (A=Sb,Bi; B=Te,S,Se; C=I,Br,Cl): First principle calcula-tion. Ferro-electrics. 511, 22–34, (2017).
2. Peng B., Xu K., Zhang H., Ning Z., Shao H., Ni G., Li J., Zhu Y., Zhu H., Soukoulis
3. C.M. 1D SbSeI, SbSI, and SbSBr with High Stability and Novel Properties for Micro-electronic, Optoelectronic, and Thermoelectric Appl. Adv.TheorySimul.1,1700005, (2018).
4. G.Landolt, S.V.Eremeev, Y.M.Koroteev, et. al. Disentanglement of Surface and Bulk Rashba Spin Splittings in Noncentrosymmetric BiTeI. Phys.Rev.Lett. 09,116403 (2012)
5. Qu J., Cuddy E. F., Han X., Liu J., Li H., Zeng Y.J., Moritz B., Devereaux T. P., Kirchmann P. S., Shen Z.X., Sobota J.A. Screening of Polar Electron-Phonon Interactions near the Surface of the Rashba Semiconductor BiTeCl.Phys.Rev.Lett.V.133,106401, (2024).
6. Senkov, O.N., Miracle, D.B., Chaput, K.J. *et al.* Development and exploration of refractory high entropy alloys—A review. J.Mater. Res. 33, 19, 3092-3128 (2018).
7. Widom, M. Modeling the structure and thermodynamics of high-entropy alloys. J.Mater. Res. 33, 2881 – 2898 (2018).

BiSI-SbSeI SİSTEMİNDƏ YÜKSƏK ENTROPİYALI XƏLİTƏLƏR

Məmmədova N.H., Əhmədov E.C., Moroz M.V., Imaməliyeva S.Z.

DTA və RFA üsulları ilə SbSeI+BiSI↔BiSeI+SbSI qarşılıqlı sisteminin BiSI-SbSeI kəsiyi üzrə faza tarazlıqları öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, bu kəsik ilkin birləşmələrdən birinin inkonqruent əriməsi səbəbindən qeyri-kvazibinardır, lakin subsolidusda stabildir və fasilsiz bərk məhlul sırası əmələ gəlməsilə xarakterizə olunur. Alınmış 15-85 mol% BiSI tərkibli bərk məhlullar komponentlərin nisbi miqdarlarına görə yüksək entropiyalı xəlitə hesab edilə bilər.

ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ СПЛАВЫ В СИСТЕМЕ BiSI-SbSeI

Мамедова Н.Г., Ахмедов Э.Дж., Мороз М.В., Имамалиева С.З.

Фазовые равновесия по разрезу BiSI-SbSeI взаимной системы SbSeI+BiSI↔ BiSeI+SbSI были изучены методами ДТА и РФА. Установлено, что данное сечение не является квазибинарным из-за инконгруэнтного плавления одного из исходных соединений, но стабильно в субсолидусе и характеризуется образованием непрерывных твердых растворов. Полученные твердые растворы с составами 15-85 мол.% BiSI можно рассматривать как высокоэнтропийные сплавы.

SOLID-PHASE EQUILIBRIADIAGRAM OF THE GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 SYSTEM

[1]Izzatli S.B. ,[2]Orujlu E.N., [2]Amirmatova K.V., [3]Tomashyk V.N., [1]Jafarov Y.I.
[1]Baku State University, [2]Azerbaijan State Oil and Industry University,
[3]V.Ye. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics, NASU, Kiev, Ukraine

elnur.oruclu@yahoo.com

Key words: *Phase diagram, solid solutions, layered materials, germanium chalcogenides, topological insulators.*

***A*çar sözlər:** *Faza diaqramı, bərk məhlullar, laylı materiallar, germanium xalkogenidləri, topoloji izolyatorlar*

Ключевые слова: *Фазовая диаграмма, твёрдые растворы, слоистые материалы, халькогениды германия, топологический изолятор*

Tetradymite-type layered ternary compounds constitute a significant group of chalcogenide materials known for their distinctive structural and electronic characteristics. They typically form stacked crystal structures in which strongly bonded atomic layers are separated by weak van der Waals interactions, giving rise to pronounced anisotropy and facilitating mechanical exfoliation. Owing to their adjustable electronic band structures and pronounced spin–orbit coupling effects, these materials have been widely explored for use in thermoelectric systems, phase-change technologies, and topological insulator [1-3]. The close relationship between their chemical composition, crystal architecture, and resulting properties makes these ternary tellurides highly valuable for both fundamental studies and emerging technological applications.The study of atomic substitution in layered telluride compounds is essential, as it allows the creation of materials with variable compositions and finely tunable structural and electronic properties for targeted applications. Introducing substitution in layered telluride materials allows the composition to be varied in a controlled manner, enabling fine adjustment of their structural and electronic properties.

In the present work, solid-phase equilibria of GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 were investigated in order to determine phase stability and enable the design of materials with variable compositions. For this purpose, several alloys within the compositional triangle were synthesized, quenched from the melt, and then equilibrated at 500 °C for four weeks.Theresulting alloys were characterized using powder X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) techniques.

Powder XRD data were collected using a Bruker D2 PHASER diffractometer, and microstructural analysis was performed with a Tescan Vega 3 SBH SEM.

Combined analysis of PXRD and SEM results, together with literature data on the boundary systems, allowed the construction of the solid-phase equilibrium diagram. The results show the formation of several substitutional solid-solution series, including $Ge_4Sb_2Te_7$–$Ge_4Bi_2Te_7$, $Ge_3Sb_2Te_6$–$Ge_3Bi_2Te_6$, $Ge_2Sb_2Te_5$–$Ge_2Bi_2Te_4$, $GeSb_2Te_4$–$GeBi_2Te_4$, $GeSb_4Te_7$–$GeBi_4Te_7$, and $GeSb_6Te_{10}$–$GeBi_6Te_{10}$ sections. Homogeneity regions associated with the initial binary compounds GeTe, Sb_2Te_3, and Bi_2Te_3 were also identi-fied. These findings indicate that solid-solution regions, rather than strictly stoichio-metric phases, play a dominant role in the formation of heterogeneous phases in this system.

REFERENCES

1. Heremans, J. P., Cava, R. J., & Samarth, N. (2017). Tetradymites as thermoelectrics and topological insulators. Nature Reviews Materials, 2(10). https://doi.org/10.1038/natrevmats.2017.49

2. Wang, L.-L., & Johnson, D. D. (2011). Ternary tetradymite compounds as topological

insulators. Physical Review B, 83(24).
https://doi.org/10.1103/physrevb.83.241309
3. Jones, R. O. (2024). Phase change memory materials: Why are alloys of Ge, Sb, and Te the materials of choice? Solid State Sciences, 152, 107524.
https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2024.107524

GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 SİSEMİNİN BƏRK FAZA TARAZLIQLARI DİAQRAMI

İzzətli S.B., Oruclu E.N., Əmirmətova K.V., Tomaşik V.N., Cəfərov Y.İ.

Xülasə

Təqdim olunan işdə GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 sistemində bərk faza tarazlıqları ovuntu rentgenfaza analizi və skanedici elektron mikroskopiya üsulları ilə tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə müxtəlif tərkibli ərintilər xüsusi metodika əsasında sintez olunaraq 500 °C temperaturda uzunmüddətli termiki emal olunmuşdur.Nəticələr əsasında sistemin faza diaqramı qurulmuş və bir neçə əvəzolunma bərk məhlul sıralarının mövcudluğu müəyyən edilmişdir. Tədqiqat göstərmişdir ki, bu sistemdə heterogen fazaların formalaşmasında əsas rolu sabit stexiometrik birləşmələrdən çox, geniş homogen sahələrinə malik bərk məhlul oynayır.

ДИАГРАММА ТВЕДОФАЗНЫХ РАВНОВЕСИЙСИСТЕМЫ GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3

Иззатли С.Б., Оруджлу Э.Н., Амирматова К.В., Томашик В.Н., Джафаров Я.И.

Резюме

В представленной работе равновесия твёрдых фаз в системе GeTe-Sb_2Te_3-Bi_2Te_3 исследованы методами порошковой рентгенофазовой дифракции и сканирующей электронной микроскопии. С этой целью сплавы различного состава были синтезированы по специальной методике и подвергнуты длительной термической обработке при температуре 500°C. На основе полученных результатов построена фазовая диаграмма системы и установлено существование нескольких рядов твёрдых растворов замещения. Показано, что в данной системе основную роль в формировании гетерогенных фаз играют не строго стехиометрические соединения, а твёрдые растворы с широкими областями гомогенности.

Y_2-xSm_xO_2S:$Ti_{0,2}Mg_{0,04}$ LÜMİNOFORLARININ LÜMİNESSENSİYA XASSƏLƏRİ

[1]Mammadov V.S., [1]Bəxtiyarlı İ.B., [2]Abdullayeva A.S., [1]Kərimli O.Ş.
[1]Muxtarova Z.M.,[3]Həsənova A.M.
Kimya İnstitutu, [2]Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, [3]AMEA, Gəncə Bölməsi

Açar sözlər: *Sm^{3+}ionları, oksisulfid üminoforlar, stasionar lüminessensiya, lantanoid, enerji ötürülməsi, spektral xətlər.*

Keywords: *Sm^{3+}ions, oxysulfide luminophores, steady-state luminescence, lantha-nides, energy transfer, spectral lines.*

Ключевые слова: *Ионы Sm^3, оксисульфидные люминофоры, стационарная люминесценция, лантаноиды, перенос энергии, спектральные линии.*

Giriş

Bəzi lüminoforlar uzunmüddətli işıqlanma göstərə bilir, yəni həyəcanlandırıcı mənbə söndükdən sonra da işıq yayırlar [1, 2]. Sarı və qırmızı işıqlanan sistemlər üçün işıqlan-manın minimum səviyyəsi 0,0032 mcd/m²-dir. 10 saata qədər işıqlananlar uzun-müddətli, 10 saatdan artıq işıqlananlar isə super uzunmüddətli lüminoforlar kimi təsnif olunur [3].

Lantanoid-ionları ilə aktivləşdirilmiş oksisulfid lüminoforlar yüksək termik sabitlik, güclü luminesensiya və dar spektral xassələrə malikdir [1,4,5], bu da onları optoelektronika, displey texnologiyaları, flüoresan lampalar və lazerlər üçün perspektivli edir. Xüsusilə Sm^{3+} ilə aktivləşdirilmiş sistemlər qırmızı və narıncı spektral sahədə xarakterik emissiya göstərir [2,4]. Y_2**-x**O_2S matrisi Sm^3 üçün əlverişli kristalloqrafik mövqe təmin edir, Ti və Mg isə kristal qəfəsi stabilləşdirir və defektləri azaldır [5,6].

Bu işdə Y_2**-x** Sm_xO_2S:Ti $_{0,2}Mg_{0,04}$ sistemində Sm^3 ionunun luminesensiya xassələrinə təsir sistemli şəkildə araşdırılmışdır.

Təcrübi hissə

Lantanoid oksisulfid əsaslı lüminoforların keyfiyyəti ilkin komponentlərin, xüsusilə lantanoid oksidlərinin yüksək təmizliyindən birbaşa asılıdır. Bu işdə Y_2**-x**Sm_xO_2S:Ti $_{0,2}Mg_{0,04}$ nümunələri klassik bərkfazalı sintez üsulu ilə hazırlanmış, yüksək təmizlikli Y_2-**x**Sm_xO_2S:$Ti_{0,2}Mg_{0,04}$ və MgO reagentləri istifadə edilmişdir. Sm^{3+}ionlarının konsen-trasiyası $x=1\cdot10^{-}–1\cdot10^{1}$ intervalında dəyişdirilmiş, qarışıqlar homogenləşdirildikdən sonra reduksiyaedici mühitdə yüksək temperaturda termiki emal olunmuşdur.

Nümunələr 1375–1425 K-də havasız ampulada şaquli sobada, sonra 1000 K-də 450 saat homogenləşdirmə üçün termiki emal edilmişdir [7,8]. Fiziki-kimyəvi analizlər (DTA, RFA, MQA, mikrobərkliyin və sıxlığın təyini) və luminesensiya spektral ölçmələri 254 nm dalğa uzunluğunda ultrabənövşəyi həyəcanlandırma altında aparılmışdır. Otaq temperaturunda aparılan ölçmələrin intensivliyi nisbi vahidlərdə göstərilmiş və hər nümunə üçün orta dəyərlər hesablanmışdır [9-11].

Müzakirələr

Sm^{3+}ionlarının şüalanma xətləri nisbətən dar və xətti xarakter daşıyır, bu 4f-elektronlarının xarici $5s^25p^6$ qatları tərəfindən effektiv ekranlanması ilə izah olunur. Nəticədə spektrdəki dar zolaqlar kristal qəfəsin zəif təsiri ilə əmələ gəlir və dalğa uzunluğu ionun daxili elektron quruluşu ilə müəyyən olunur. Şüalanma zolaqlarının intensivliyi isə kristal sahə simmetriyası, lokal defektlər və aktivator ionlarının miqdarı ilə dəyişir.

Y_2-xSm_xO_2S:Ti $_{0,2}Mg_{0,04}$ nümunələrində 254 nm həyəcanlandırma zamanı 565, 600, 645 və 700 nm dalğa uzunluqlarında intensiv şüalanma zolaqları müşahidə olunur. Bu zolaqlar Sm^{3+} ionlarının $^4G_{5/2}\rightarrow{}^6H_j$ (J = 5/2, 7/2, 9/2, 11/2) keçidləri ilə uyğun gəlir. Şüalanma gücü aktiv mərkəzlərin sayına bağlı olaraq aşağı qatılıqlarda artır, lakin kritik qatılıq həddindən sonra Sm^3–Sm^{3+} qarşılıqlı təsir və qeyri-şüalanma enerji ötürülməsi nəticəsində söndürülmə müşahidə olunur. Ti^{2+}və Mg^{2+} ionları isə müvafiq olaraq yük kompensasiyası, elektron tələlərinin formalaşması və kristal qəfəsin stabilləşməsində rol oynayır, bu da enerji ötürülməsini optimallaşdırır və $^4G_{5/2}$ səviyyəsinin effektiv doldurulmasını təmin edir.

645 nm zolağı ən intensiv şüalanma olaraq xarakterik narıncı-qırmızı rəngi təmin edir. Sistem darzolaqlı, yüksək spektral selektivliyə malik və aktivator qatılığına həssas lüminofor kimi qiymətləndirilir. Sm^{3+}-ün optimal qatılığı seçildikdə isə stabil və intensiv narıncı-qırmızı

şüalanma nümayiş olunur ki, bu da, materialı displey texnologiyaları və optoelek-tronika üçün perspektivli edir.

Sm^{3+} ionları üçün aparılan analizdə isə 610–715 nm sahəsində intensiv qırmızı şüalanma müşahidə olunmuşdur, burada elektron-dipol ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$, $^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$) keçidləri maqneto-dipol ($^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$) keçidindən xeyli yüksəkdir. Sm^{3+} qatılığı artdıqca şüalanma zolaqlarının uzun dalğa sahəsinə doğru yenidən paylanma baş verir ki, bu da, daha doymuş qırmızı lüminoforun əldə olunmasına səbəb olur**.**

Nəticələr

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, Y_2-xSm_xO_2S:Ti $_{0,2}Mg_{0,04}$ sistemi Sm^3 ionu ilə effektiv aktivləşdirilən perspektivli oksisulfid lüminofordur. Optimal lüminessensiya inten-sivliyi orta Sm^{3+}qatılıqda müşahidə olunur, yüksək qatılıqda isə ionlararası enerji ötürülməsi səbəbin-dən şüalanma azalır. Titan və maqnezium ionlarının iştirakı enerji ötürülməsini optimal-laşdırır, kristal qəfəsin stabilliyini təmin edir və uzunmüddətli parlaqlığı artırır. Litium flüoridin əlavə edilməsi kristallaşmanı yaxşılaşdırır, mikrokristalların morfologiyasını optimallaşdırır və işıqvermə müddətini uzadır.

Sistemli tədqiqatlar göstərir ki, bəzi üçvalentli lantanoid ionları (Ce^3, Pr^3, Tb^3) uzunmüddətli şüalanmanı zəiflədir, Sm^3 və Sm^3 isə narıncı və qırmızı işıqlanma üçün effektiv aktivator rolunu oynayır. Bu yanaşma işıq spektrinin məqsədyönlü tənzimlən-məsinə və materialların tətbiq sahələrinin genişlənməsinə imkan yaradır.

Nəticədə, Y_2O_2S əsaslı sistemlər infraqırmızı həyəcanlandırmada görünən sahədə antistoks tipli, uzunömürlü və çoxfunksiyalı lüminoforlar yaratmaq üçün etibarlı elmi baza təmin edir və optoelektronika, displey texnologiyaları və lazer tətbiqləri üçün perspektivli material kimi qiymətləndirilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Binnemans, K.Lanthanide-based luminescent hyb. mat.s *Chem.Rev.*2009**,***109*, 4283–4374.

2. Zhou, B; et al. Influence of Sm^{3+}concentration on luminescence properties of Y_2O_2S phosphors. *J. Rare Earths* 2015**,** ***33***, 1234–1242.

3. Bakhtiyarli, I.B.; Mammadov, V.S.; Mukhtarova, Z.M.; Abdullayeva, A.S. Phaseequili brium in the quasi-ternary system Y_2-xSm_xO_2S:Ti $_{0,2}Mg_{0,04}$ *Chem.Jour.*2023,*1*, 55–63.

4. Lei, B.; et al. Spectra and long-lasting properties of Sm-doped yttrium oxysulfide phosphor. *Materials Chemistry and Physics* **2004**, *87*, 227–230.

5. Zhang, P. A New Yellow Long Lasting Phosphor Y_2O_2S:Ti. *J. Rare Earths* **2004**, *22*, 75–78.

6. Manashirov, O.Ya.; Smirdova, N.I.; Semikhova, E.P.; Magunov, I.R.; Efryushina, N.P.; Kinzhibalo, L.N. Synthesis and investigation of X-ray luminescent materials based on yttrium oxysulfide. *Inorg. Mater.***1981**, *17*, 135–139.

7. Bakhtiyarly, I.B.; Mamedov, V.S.; Mamedov, A.N. Interaction in the Ga_2S_3–Y_2O_2S system. *Russ. J. Inorg. Chem.*2009**,** *54*, 1479–1481.

8. Bakhtiyarov, I.B.; Rustamov, P.G.; Nakhmetov, S.M.; Gasymov, V.A. The Ga_2S_3–Eu_2O_2S system. *Z. Anorg. Allg. Chem.*1986**,** ***533***, 186–190.

9. Wang X., Zhang Z., Tang Z., Lin Y.Characterization and properties of a red and oran-ge Y_2O_2S based long afterglow phosphor//Materials Chemistry and Physics.2003.V.80.P.l-5.

10. Zhang P. [et al.]. Luminescence characterization of a new long afterglow phosphor of single Ti doped Y_2O_2S // *J. of Luminescence*. 2005. V.l 13. P.89-93.

Abdullaeva, A. S. Bakhtiyarly, I. B. Kurbanova R. D. Physical and Chemical Properties

11. of Glass Composed of $(Ga_2S_3)_{0.60}(La_2S_3)_{0.35}(Er_2S_3)_{0.05}$ and $(Ga_2S_3)_{0.60}$ $(La_2S_3)_{0.27}$ $(Er_2S_3)_{0.13}$. *Glass Physics and Chemistry*. 2020, V. 46, P. 298–304. *https://link.springer.com/article/10.1134/S1087659620040021*

Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$ LÜMİNOFORLARININ LÜMİNESSENSİYA XASSƏLƏRİ

[1]Mammadov V.S., [1]Bəxtiyarlı İ.B., [2]Abdullayeva A.S., [1]Kərimli O.Ş.
[1]Muxtarova Z.M.,[3]Həsənova A.M.

Xülasə

Lantanoid oksisulfid lüminoforları həyəcanlanmanın növündən və şüalanmanın dalğa uzunluğundan asılı olaraq müxtəlif funksional elektronika qurğularında əsas lüminoforlar hesab olunurlar. Təqdim etdiyimiz məqalədə Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$ tərkibli lüminofor materialların lüminessensiya xassələri sistemli şəkildə tədqiq edilmişdir.

Sm^{3+}nümunələri sintez edildikdən sonra onların spektral xüsusiyyətləri 254 nm dalğa uzunluğunda həyəcanlandırılaraq öyrənilmişdir. Lüminessensiya spektrlərində müşa-hidə olunan intensiv xətlər Sm^3 ionunun $^4G_{5/2}$ əsaslanmış elektron keçidləri ilə əlaqə-ləndirilmişdir. Həyacanlanma artdıqca intensivliyin əvvəlcə artması, daha sonra isə sönmə effekti müəyyən edilmişdir.

Alınan nəticələrə əsasən Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$ tərkibli lüminoforlar lüminessent material kimi ossilloqraf və televizor ekranlarının, elektron mikroskopların, digər elektron şüa cihazlarının hazırlanmasında və optoelektron texnologiyalar üçün potensial xammaldır.

Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$ LUMINESCENT PROPERTIES OF PLUMINOPHORES

[1]Mammadov V.S., [1]Bakhtiyarli I.B., [2]Abdullaeva A.S., [1]Kerimli O.Sh., [1]Mukhtarova Z.M., [3]Hasanova A.M.

Summary

Lanthanide oxysulfide luminophors are considered key luminescent materials in various functional electronic devices, depending on the type of excitation and the wavelength of radiation. In this study, the luminescence properties of Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$ luminophor materials were systematically investigated.

Sm^3-doped samples were synthesized, and their spectral characteristics were studied under 254 nm excitation. The intense emission lines observed in the luminescence spectra were attributed to electronic transitions originating from the $^4G_{5/2}$ excited state of Sm^{3+}ions. With increasing excitation, the emission intensity initially increased, followed by a quenching effect at higher excitation levels. Based on the obtained results, Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$ luminophors are promising luminescent materials for the fabrication of oscil-loscopes, television displays, electron microscopes, other electron beam devices, and for applications in optoelectronic technologies.

СВОЙСТВА ЛЮМИНЕСЦЕНТА ПЛУМИНОФОРОВ Y_2-x$Sm_x$$O_2$S:Ti $_{0,2}$$Mg_{0,04}$

[1]Мамедов В.С., [1]Бахтиярлы И.Б., [2]Абдуллаева А.С., [1]Керимли О.Ш.
[1]Мухтарова З.М. ,[3]Гасанова А.М.

Резюме

Лантаноидные оксисульфидные люминофоры считаются основными люминесцентными материалами для различных функциональных электронных устройств, в зависимости от типа возбуждения и длины волны излучения. В данном исследовании систематически изучались люминесцентные свойства люминофоров Y_2-xSm_xO_2S: $Ti_{0,2}Mg_{0,04}$. Образцы, легированные Sm^3, были синтезированы, и их спектраль-ные характеристики изучались при возбуждении 254 нм.

Интенсивные линии излучения, наблюдаемые в спектрах люминесценции, были отнесены к электронным переходам из возбужденного состояния $^4G_{5/2}$ ионов Sm^{3+}. При увеличении возбуждения интенсивность излучения сначала возрастала, а при более высокой концентрации наблюдался эффект тушения.

Полученные результаты показывают, что Y_2-xSm_xO_2S:$Ti_{0,2}Mg_{0,04}$ люминофоры являются перспективными материалами для осциллографов, телевизионных экранов, электронных микроскопов, других устройств с электронным пучком и опто-электронных технологиях.

STUDY OF THE GLASS FORMATION REGION IN THE Bi_2O_3 - B_2O_3 - Nd_2O_3 TERNARY SYSTEM

Khalilova L.A., Bananyarli S.I., Ismayilov Sh.S.
MSERA, Institute of Chemistry
layla2@list.ru

Key words: *Glass formation, laser, binary system, ternary system, Bi_2O_3, B_2O_3, Nd_2O_3, glassy substances.*

The Bi_2O_3-B_2O_3-Nd_2O_3 ternary system was studied by differential thermal analysis and X-Ray diffraction technique, the boundaries of the glass formation region were determined. It has been established that the glass formation region is extended toward the boundaries of the B_2O_3 - Nd_2O_3 binary system.It was determined that the expansion of the glass transition region in the Bi_2O_3-B_2O_3-Nd_2O_3 ternary system is related to the presence of a glass forming compound of the $3Bi_2O_3 \cdot Nd_2O_3 \cdot 6B_2O_3$system.As a result of the research, it was discovered that the sections included in the ternary system are non-quasi-binary.

Experimental

To synthesize samples of the Bi_2O_3–$Nd_2O_3 \cdot B_2O_3$ system, compositions were calculated and prepared at 5 mol% intervals using elemental oxides and boric acid. Boric acid decomposes into B_2O_3 and water at 723 K. For studies, chemically pure reagents were used. Synthesis was carried out in platinum crucibles in an SNOL furnace at 1273–1373 K for 8 h. The alloys were cast onto a titanium plate at room temperature. The synthesized samples are brown polycrystalline substances. Differential thermal analysis was carried out using a NETZCHSTA 449F3STA –0836 derivatograph at room temperature with a heating rate of 10 $K \cdot min^{-1}$ and an accuracy of ±2°C in the range of 1400 K.

Introduction

The acquisition of environmentally friendly materials with high nonlinear optical

sensitivity, mechanical strength, and chemical resistance, and the study of their physical properties, remain relevant [1,2]. Due to the above properties, bismuth and neodymium borates are promising for use in high-frequency electronics and engineering, leading to increased demand for their study. In borate systems, boric anhydride is primarily the glass-forming agent, but bismuth and rare earth elements oxides and other binary compounds also play an important role [3-5]. Furthermore, materials containing Bi_2O_3 possess a number of unique properties: a high refractive index and a wide transparency region in the visible-infrared range. This allows them to be used as nonlinear optical media for solid-state lasers [5].

Results and discussion

Initially, the boundaries of the glass formation region were studied in the ternary system Bi_2O_3–B_2O_3–Nd_2O_3. Some of the synthesized samples are violet glassy materials. Others are ceramics. When the glassy samples are maintained at the temperature determined by differential thermal analysis (DTA) for 30-40 hours, they also transform into white-to-light-violet ceramics. For the glassy materials obtained in the ternary system, depending on the composition, softening temperatures Ts = 713-823 K, crystallization temperatures Tc = 873-1053 K, and melting temperatures Tm = 1053-1273 K were determined. DTA and X-ray diffraction (XRD) results showed that the sections are not quasi-binary.

It is known that only one (Bi_2O_3 - B_2O_3 system) of the binary systems limiting this ternary system has a limited glass transition region [3,4]. During our studies, a significant number of glassy alloys were detected in the ternary system [6,7]. A study of the glass formation region in the system revealed that, despite the absence of glass formations areas in the Bi_2O_3–Nd_2O_3 and B_2O_3–Nd_2O_3 binary systems, the glass formation region in the Bi_2O_3–B_2O_3–Nd_2O_3 ternary system covers a fairly wide area. As can be seen from figure 1, the glass formation region extends to the boundaries of the B_2O_3–Nd_2O_3 binary system.

It was found that a new compound consisting of bismuth and neodymium borates was formed in the system. The new compound corresponds to the composition $S=3Bi_2O_3 \cdot Nd_2O_3 \cdot 6B_2O_3$. The obtained compound is glassy purple in color, the crystallization temperature T_c=670ºC, and the melting temperature T_m=840ºC were determined. We believe that the expansion of the glass formation region in this ternary system is due to the presence of this glass-forming compound (S) in the system [6].

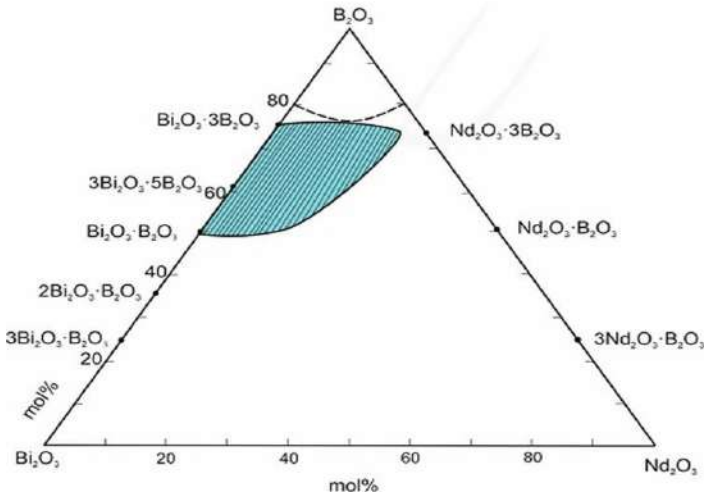


Figure 1. Glass formation region in the Bi_2O_3–B_2O_3–Nd_2O_3ternary system.

REFERENCES

[1] Saisantosh Vamshi Harsha Madiraju, Abhiram Siva Prasad Pamula. A Brief Guide to the 50 Eco-Friendly Materials Transforming Sustainable Construction. Austin Environmental Sciences. 2024. 9(1). p.1-12

[2] Yu-xi Zhang and Yu-hua Wang. Nonlinear optical properties of metal nanoparticles: a review.RSC Adv. 2017.7. p. 45129-45144

[3] P. Becker. Thermal and optical properties of glasses of the system Bi_2O_3 – B_2O_3, Crys. Res. and Tech.2003.V1.p. 74

[4] H. Hellwig, J. Liebertz, L. Bohaty. Linear optical properties of the monoclinic bismuth borate, J. of Appl Phy. 2000. V 88 issue 1. p.240-244

[5] K.Boonin, J.Kaewkhao, T.Ratana, P.Limsuwan,.Preparation and Properties of Bi_2O_3-B_2O_3-Nd_2O_3 Glass System. Procedia Engineering. 2011.V8.p.207-211,

[6]S.I.Bananyarli, Sh.S.Ismayilov, R.N.Gasimova, L.A.Khalilova. Study of $3Bi_2O_3 \cdot 5B_2O_3$-$Nd_2O_3 \cdot 3B_2O_3$ system and dependence of electrophysical and heat properties of obtained alloys on the composition.Chem.Probl.2020. 1(18). p.106

[7] S.I. Bananyarli, Sh.S.Ismayilov, L.A.Khalilova. Study of heat and electrophysıcal properties of system alloys $Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$-Nd_2O_3.Danish Scientific Journal.2022. (64).p.11

Bi_2O_3 - B_2O_3 - Nd_2O_3 ÜÇLÜ SİSTEMİNDƏ ŞÜŞƏƏMƏLƏGƏLMƏ SAHƏSİNİN SƏRHƏDLƏRİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

Xəlilova L.Ə., Bənənyarlı S.İ., İsmayılov Ş.S.

Xülasə

Tədqiq olunan Bi_2O_3-B_2O_3-Nd_2O_3 üçlü sistemi DTA və RFA metodları ilə öyrənil-miş, şüşəəmələgəlmə sahəsinin sərhədləri təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, şüşə-əmələgəlmə sahəsi B_2O_3–Nd_2O_3 binar sistemin sərhədlərinə doğru uzanmışdır. Bi_2O_3–B_2O_3–Nd_2O_3 üçlü sistemində şüşəəmələgəlmə sahəsinin genişlənməsi, sistemdə şüşəəmələ-gətirən $3Bi_2O_3 \cdot Nd_2O_3 \cdot 6B_2O_3$ tərkibli birləşmənin olması ilə əlaqədar olduğu təsbit edilmişdir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində üçlü sistemə daxil olan kəsiklərin qeyri-kvazibinar olduğu aşkar edilmişdir.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ СТЕКЛООБРАЗОВАНИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ B_2O_3– B_2O_3 - Nd_2O_3

Халилова Л.А., Бананярлы С.И., Исмайлов Ш.С.

Резюме

Тройная система B_2O_3–B_2O_3-Nd_2O_3 была исследована методами ДТА и РФА, определены границы области стеклообразования.Установлено, что область стекло-образования вытянута в сторону границ бинарной системы B_2O_3-Nd_2O_3 Рас-ширение области стеклообразования в системе B_2O_3–B_2O_3-Nd_2O_3 связано с наличием стеклообразующего соединения состава B_2O_3–B_2O_3-Nd_2O_3 В результате проведённых исследований выявлено, что разрезы, входящие в данную тройную систему, не являются квазибинарными.

Cu-Ag-Si-S-Se SİSTEMİNDƏ YÜKSƏK ENTROPİYALI XALKOGENİD FAZALARI

[1]Poladova A.N., [2]Yaqubova A.V., [1]Mashadiyeva L.F., [3]Abbasova V.A., [1]Babanly M.B.
[1]Kimya İnstitutu, [2]Bakı Dövlət Universiteti, [3]Gəncə Dövlət Universiteti
albinapoladova@gmail.com

Açar sözlər: *Arqirodit ailəsi birləşmələri, yüksək entropiyalı xəlitələr, faza tarazlıqları, bərk məhlullar, polimorf çevrilmə.*

Key words: *Argyrodite-like compounds, high-entropy allays, phase equilibria, solid solutions, polymorphic transformation.*

Ключевые слова: *Аргиродитоподобные соединения, высокоэнтропийные сплавы, фазовые равновесия, твердые растворы, полиморфные превращения.*

$A_8B^{IV}X_6$ (A^I -Cu, Ag; B^{IV}-Si, Ge, Sn; X-S, Se, Te) ümumi formuluna malik argirodit ailəsi birləşmələri termoelektrik, optiki, maqnit, fotoelektrik və s. kimi unikal xassələrə malikdir. Argirodit ailəsi birləşmələrinin yüksək temperaturlu fazaları kristal quruluşunun xüsusiyyətlərinə görə qarışıq elektron-ion keçiriciliyinə malikdir və mis (və ya gümüş) ionları yüksək hərəkətliliyinə görə bərk cisimlər üçün kation keçiriciliyinin və ion diffuziyasının yüksək qiymətlərini nümayiş etdirir [1-3]. Bu fazaların funksional xassələrini, xüsusən də termoelektrik effektivliyini optimallaşdırmağın yollarından biri entropiya mühəndisliyi strategiyasıdır. Yüksək entropiyalı ərintilər (YEƏ) beş və ya daha çox elementdən ibarət olan və hər birinin miqdarı ümumi tərkibdə 5-35 at. % olan ərintilərdir. YEƏ-rin əsas xüsusiyyəti həcməmərkəzləşmiş və ya üzəmərkəzləşmiş kubik qəfəsə malik olub, termodinamik cəhətdən sabit, birfazalı və yüksək mexaniki davamlılığa malik bərk məhlul əmələ gətirmələridir. Komponentlərin yüksək qarışma entropiyasına malik olması (S_{qar}> 1.61R, burada, R- universal qaz sabitidir) bərk məhlulun stabil olmasına və kristallaşma zamanı digər aralıq fazaların əmələ gəlməməsinə səbəb olur. Bu ərintilər yüksək mexaniki möhkəmlik, aşınma və korroziya qarşı davamlılıq, maqnit xüsusiyyətləri kimi əhəmiyyətli xüsusiyyətlərlə xarakterizə olunurlar [4, 5].

Bu işin məqsədi $Cu_8SiS_6+Ag_8SiSe_6 \leftrightarrow Cu_8SiSe_6+Ag_8SiS_6$ (A) sistemində yüksək entopiyalı xalkogenid fazalarının alınması və tədqiqidir.

İlk növbədə Cu_8SiS_6, Cu_8SiSe_6, Ag_8SiS_6, Ag_8SiSe_6 birləşmələri sintez edilmişdir. Sintez kvars ampulalarda yüksək təmizliyə malik elementar komponentlərin vakuum şəraitində birgə əridilməsi ilə iki zonalı rejimdə aparılmışdır. Silisiumun kvars ampula ilə reaksiyaya girməsinin qarşısını almaq üçün prosesin əvvəlində kvars ampulanın içərisi qrafitlənmişdir. İlkin birləşmələr sintez və identifikasiya edildikdən sonra, müxtəlif nisbətlərdə qarışdırılıaraq kənar, diaqonal və bir sıra daxili kəsiklərinin xəlitələri hazırlanmışdır. Alınan xəlitələr 800 K-də 500 saat termiki emal edilmişdir. Sintez olunmuş nümunələr DTA və RFA üsulları ilə tədqiq edilmişdir. Diferensial termiki analiz NETZSCH 404 F1Pegasus cihazında, Rentgenfaza analizi $CuK_{\alpha 1}$ şüalanmasından istifadə etməklə Bruker D2 PHASER difraktometrində aparılmışdır. Alınan difraksiya mənzərələri Topas V3.0 Software Bruker proqramından istifadə etməklə analiz edilmiş və qəfəs parametrləri hesablanmışdır.

Tədqiq olunan sistemin termiki emal edilmiş nümunələrinin DTA, RFA üsulları ilə öyrənilməsindən əldə edilən eksperimental nəticələr əsasında Cu_8SiS_6-$Ag_8SiSe_6 \leftrightarrow Cu_8$ $SiSe_6$-

Ag_8SiS_6 qarşılıqlı sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası, faza diaqramının 300 K-də izotermik kəsiyi qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ilkin birləşmələrin yüksək temperaturlu kubik modifikasiyaları arasında fasiləsiz(δ–faza), aşağı temperaturlu modify-kasiyaları əsasında isə məhdud bərk məhlul sahələri əmələ gəlir. Bərk məhlulların əmələ gəlməsi ilə ilkin birləşmələrin polimorf çevrilmə temperaturlarının kəskin azalması müşahidə olunur. (A) sistemində müəyyən tərkib intervalına aid nümunələr stabil bircinslidir (δ–faza) və yüksək entropiyalı xəlitələrə olan əsas tələbləri ödəyir.Onların termodinamik stabilliyinin yüksək olması eyni zamanda Cu-Ag və S-Se əvəzləmələri baş verməsi nəticəsində həmçinin, kristal qəfəsdə $Cu^+(Ag^+)$ ionlarının delokallaşması sistemin qarışma entropiyasının artması ilə əlaqədardır.

ƏDƏBİYYAT

1. Babanly, M.B., Yusibov, Y.A.,Imamaliyeva, S.Z.,Babanly, D.M., Alverdiyev, I.J. Phase diagrams in the development of the argyrodite family compounds and solid solutions based on them. Journal of phase equilibria and diffusion. 45. 228-255. 2024.

2. Wang,B., Li,S., Luo,Y., Yang,J.,Ye, H.,Liu, Y.,Jiang, Q.A new thermoelectric $Ag_8Si Se_6$ argyrodite for room temperature application: sensitivity of thermoelectric performance to cooling conditions.Materials Advances. 5.3735-3741. 2024

3. Kang,T.,Li,Ch.,Zhang, X.,Nakamura,Y.,Tseng,J.-Ch.,Manjo,T.,Liu,Ch.,Yang, L.Local Symmetry Breaking Induced Superionic Conductivity in Argyrodites. Journal of American Chemical Society. 148.6158–6166. 2026.

4. Jiang, B., Qiu, P., Chen, H., Huang,J., Mao, T.Chen, Entropy optimized phase transitions and improved thermoelectric performance in n-type liquid-like Ag_9GaSe_6 materials. Materials Today Physics. 5. 20-28. 2018.

5. Yang, Y.-F., Hu, F., Xia, T., Li,R.-H, BaiJ.-Y.Ə, Zhang, G.-F. High entropy alloys: A review of preparation techniques, properties and industry applications. Journal of Alloys and Compounds. 1010. 177691. 2025.

ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫЕ ХАЛЬКОГЕНИДНЫЕ ФАЗЫ В СИСТЕМЕ Cu–Ag–Si–S–Se

Поладова А.П., Ягубова А.В., Машадиева Л.Ф., Аббасова В.А., Бабанлы М.Б.

Резюме

Установлен характер фазовых равновесий в пятикомпонентной системе Cu–Ag–Ge–S–Se по разрезам Cu_8GeSe_6–Ag_8GeS_6 и Cu_8GeS_6–Ag_8GeSe_6. На основе экспериментальных результатов построены проекция поверхности ликвидуса и изотермическое сечение фазовой диаграммы при 300 K. Показано, что между высокотемпературными модификациями исходных соединений образуется непрерывная δ-фаза, тогда как на основе их низкотемпературных модификаций формируются ограниченные области твердых растворов. Образование твердых растворов сопровождается заметным снижением температур полиморфных пере-ходов обоих соединений. Это, в свою очередь, приводит к расширению области гомогенности высокотемпературной ионопроводящей фазы до комнатной темпе-ратуры и даже более низких температур. Образцы, относящиеся к определен-ному интервалу составов, являются стабильными, однородными (δ-фаза) и удовлетворяют основным

требованиям, предъявляемым к высокоэнтропийным сплавам.

HIGH-ENTROPY CHALCOGENIDE PHASES IN THE Cu–Ag–Si–S–Se SYSTEM

Poladova A.P., Yagubova A.V., Mashadiyeva L.F., Abbasova V.A., Babanly M.B.

Summary

Thus, the nature of phase equilibria in the Cu–Ag–Ge–S–Se five-component system along the Cu_8GeSe_6–Ag_8GeS_6 and Cu_8GeS_6–Ag_8GeSe_6 sections has been established. Based on the experimental results, the projection of the liquidus surface and the isothermal section of the phase diagram at 300 K were constructed. It was shown that a continuous δ-phase is formed between the high-temperature modifications of the parent compounds, whereas limited solid-solution regions are formed on the basis of their low-temperature modifications. The formation of solid solutions is accompanied by a pronounced decrease in the polymorphic transition temperatures of both compounds. This, in turn, leads to the extension of the homogeneity region of the high-temperature ion-conducting phase down to room temperature and even lower temperatures. Samples belonging to a certain composition interval are stable and homogeneous (δ-phase) and satisfy the principal requirements for high-entropy alloys.

Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$ SİSTEMİNDƏ YENİ DƏYİŞƏN TƏRKİBLİ ARGİRODİT FAZALARI

[1]Bayramova N.A.,[2]Hüseynova İ.F., [2]Qasımov V.A.,[1]Aliyev T.A.,[2]Babanlı M.B.,Əlizadə F.A.
[1]Naxçıvan Dövlət Universisteti, [2]Kimya İnstitutu
mehdiyeva.ilahe2@gmail.com

Açar sözlər: *Arqirodit ailəsi birləşmələri, gümüş-qalay selenoyodid, faza tarazlıqları, likvidus səthi, bərk məhlullar.*

Ключевые слова: *Соединения семейства аргиродита, селенойодид серебра-олова, фазовые равновесия, поверхность ликвидуса, твердые растворы.*

Keywords: *Argyrodite family compounds, silver-tinselenoiodide, phase equilibria, liquidus surface, solid solutions.*

$A^I_8B^{IV}X_6$ argirodit ailəsinə aid birləşmələr (A^I-Cu, Ag; B^{IV}-Si, Ge, Sn; X-S, Se) maraqlı termoelektrik, optik, fotoelektrik və s. xüsusiyyətlər nümayiş etdirir və perspektivli funksional materiallar hesab olunur. Bu birləşmələrin xarakterik xüsusiyyəti nisbətən aşağı temperaturlarda (<530 K) polimorf faza keçidlərinin olmasıdır. Aşağı temperaturlu modifikasiyalar müxtəlif nizamlı aşağı simmetriyalı strukturlara malikdir və yüksək temperaturlu fazalar kubik qəfəsdə (F-43m fəza qrupu) kristallaşır [1-3].

Bu ailənin $A^I_7B^{IV}X_5Y$ (Y=Cl, Br, I) halogen tərkibli analoqları, $A^I_8B^{IV}X_6$ tipli birləşmələrdən fərqli olaraq, bir qayda olaraq, kubik strukturda kristallaşır və yüksək səmərəli ion keçirici materialların hazırlanması üçün daha uyğundur [4]. Göstərilən birləşmələrə əsaslanan dəyişkən tərkibli yeni fazalar axtarmaq üçün müvafiq sistemlərdə faza tarazlıqlarını öyrənmək məsləhətdir.

Bu işin məqsədi Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$(A) tərkib intervalında Ag_2Se-AgI-$SnSe_2$ sisteminin faza tarazlıqlarının öyrənilməsi, $Ag_{8-x}SnSe_{6-x}I_x$bərk məhlullarının alınması və xarakterizə edilməsidir.

$0.2Ag_8SnSe_6$-$0.2Ag_7SnSe_5I$-$SnSe_2$ sistemində fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsir xarakterini tədqiq etmək üçün əvvəlcə ilkin binar və üçlü birləşmələr (hər biri 20 qram olmaqla) sintez edilmişdir. Sintez Sigma Aldrich firmasının istehsalı olan yüksək təmizlik dərəcəsinə malik olan bəsit maddələrin (Ag- çubuq, 99.997%, CAS 7440-22-4; Sn- külçə, 99.999%, CAS 7440-31-5; Se- qranul, 99.999%, CAS 7782-49-2; I- toz, 99.999%, CAS 7553-56-2) stexiometrik nisbətlərdə götürülmüş qarışıqlarının kvars ampulalarda vakuum şəraitində (10^{-2} Pa) birgə əridilməsi ilə aparılmışdır. Birləşmələrin ərimə temperaturlarında yodun (T_{qay}=184 °C) və selenin (T_{qay}=685 °C [5]) doymuş buxar təzyiqləri yüksək olduğundan hər iki birləşmənin sintezi maili sobada ikizonalı rejimdə aparılmışdır.

Tədqiqatlar DTA (NETZSCH 404 F1Pegasus sistemi, qızma sürəti 10 dər. / dəq., xromel-alumel termocütlər) və RFA (Bruker D8 ADVANCE difraktometri, $CuK_{\alpha 1}$ şüalanması, 2θ = 5-75 °) üsulları ilə aparılmışdır. Temperatur ±2° xəta ilə, kristal qəfəs parametrləri isə ±0.00001 Å xəta ilə təyinolunmuşdur.

Eksperimental nəticələr və ədəbiyyat məlumatları əsasında $0.2Ag_8SnSe_6$-$0.2Ag_7SnSe_5I$-$SnSe_2$ sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası, faza diaqramının 300 K-də izotermik kəsiyi qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, qatılıq üçbucağının Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I yan tərəfində ilkin birləşmələrin yüksək temperaturlu kubik modifikasiyaları arasında fasiləsiz, aşağı temperaturlu modifikasiyaları əsasında isə məhdud bərk məhlul sahələri əmələ gəlir. Bərk məhlulların əmələ gəlməsi birləşmələrin polimorf keçid tem-peraturlarının kəskin azalması və yüksək temperaturlu fazaların otaq tempera-turunda stabilləşməsinə gətirib çıxarır. Alınmış yeni fazalar termoelektrik xassələrə və qarışıq ion-elektron keçiriciliyinə malik ekoloji təhlükəsiz materiallar kimi maraq kəsb edir.

Əldə edilən nəticələr, verilmiş tərkib və xüsusiyyətlərə malik δ- və γ- bərk məhlulların kristallarının yetişdirilməsi üsullarının işlənməsi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Babanly, M.B., Yusibov, Y.A., Imamaliyeva, S.Z.,Babanly, D.M., Alverdiyev, I.J. Phase diagrams in the development of the argyrodite family compounds and solid solutions based on them. Journal of phase equilibria and diffusion, 2024. 45, 228-255

2. Nilges, T., Pfitzner, A.A structural differentiation of quaternary copper argyrodites: structure –property relations of high temperature ion conductors. Zeitschrift für Kristallographie – Crystalline Materials, 2005, 220(2-3), 281-294.

3. Lin,S., Li,W., Pei,Y.Thermally insulative thermoelec.arg.s.Mat.sToday,2021,48, 198-213

4. Pogodin A., Filep M., Shender I., Pop M., Malakhovska T., Milyovich S.,Izai V., Kokhan O., $Ag_{7.23}SnS_{5.44}I_{0.50}$ - a new argyrodite-like conductor with promising optical and electrical performance. Acta Mater.,2026,304, 121803.

5. Emsley J. The Elements / second edition. London: Clarendon press. 1993, 256 p.

НОВЫЕ ФАЗЫ АРГИРОДИТА С ПЕРЕМЕННЫМ СОСТАВОМ В СИСТЕМЕ Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$

[1]Байрамова Н.А., [2]Гусейнова И.Ф., [2]Имамальева С.З., [2]Бабанли М.Б, Ализаде Ф.А.

Резюме

Представлены результаты исследования фазовых равновесий в системе Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$ методами ДТА и РФА. Построена диаграмма твердофазных равновесий системы при 300 и 750 К, проекция поверхности ликвидуса и некоторые политермические сечения фазовой диаграммы. Установлено, что система относится к моновариантному эвтектическому типу. Полученные результаты представляют интерес с точки зрения выращивания кристаллов твердых растворов с замещением Se↔Iпо разрезу Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I.

NEW PHASES OF ARGYRODITE WITH VARIABLE COMPOSITION IN THE SYSTEM Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$

Bayramova N.A., Huseynova I.F., İmamaliyeva S.Z., Babanly M.B., Alieva F.A.

Summary

The results of the study of phase equilibria in the Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I-$SnSe_2$ system by DTA and XRD methods are presented. As a result of the studies, a solid-phase equilibria diagram of the system at 300 and 750 K, a projection of the liquidus surface and some polythermal sections of the phase diagram were constructed. It was determined that the system belongs to the monovariant eutectic type. The obtained results are of interest in terms of growing crystals of solid solutions with Se↔I substitution in the Ag_8SnSe_6-Ag_7SnSe_5I boundary side.

$2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$ -$2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2$ SİSTEMİNDƏN Gd_2O_3 KOMPONENTİ İLƏ AŞQARLANMIŞ SEÇİLMİŞ TƏRKİBLƏRİN FİZİKİ XASSƏLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Bənənyarlı S.İ., Xəlilova L.Ə., İsmayılov Ş.S., Levçuk N.V.
Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi, Kimya İnstitutu
ishr_az@yahoo.com

Açar sözlər: *İstilik müqaviməti, dielektik nüfuzluğu, istilikkeçirmə əmsalı, aşqar, fonon.*

Bu işdə $2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$-$2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2$ sistemindən nümunələr Gd_2O_3 komponenti ilə aşqarlanmış və alınmış nümunələrin fiziki xassələri öyrənilmişdir. Aşqarlanmış iki nümunənin fiziki xassələri digər nümunələrə nəzərən daha çox maraq kəsb etmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, $(2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3)_{95}$–$(2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2)_{4.8}$+$(Gd_2O_3)_{0,2}$ tərkibli nümunə xarici təsirlərə: mexaniki gərginliyə, rütubətə, radiasiyaya qarşı daha davamlıdır. Bu tərkibdən mikroelektronikada müxtəlif qoruyucu təbəqələrin hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

Giriş

Bismut boratlar əsasında şüşəyəbənzər materialların çox saylı tətbiqi onların özlərinə məxsus spesifik xassələri ilə bağlıdır. Kimyəvi dayanıqlığı, mexaniki möhkəmliyi, tex-noloji baxımdan verilimiş xassəyə uyğun materialın alınması bu silsilədən olan materialları

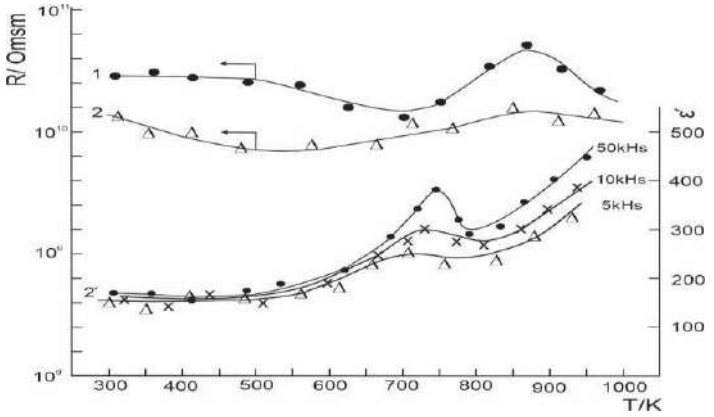
elektronikada, texnikada tətbiqini xeyli artırmışdır [1,2]. Tərkibində lantanoid oksidlərin iştirakı ilə olan Bi_2O_3-B_2O_3-SiO_2 sistem ərintilərinin öyrənilməsində məqsəd, praktik əhəmiyyət kəsb edən yeni perspektivli tərkiblərin alınması və onların tətbiq sahələrini müəyyən etməkdir. Gd_2O_3 komponentinin iştirakı ilə $(2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3)_x$ -$(2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2)_{100-x}$ sistem ərintiləri praktik baxımdan daha çox maraq kəsb etdiyindən onların tədqiqi davam etdirilmişdir.

Təcrübi hissə

Bu tədqiqatda istifadə edilən nümunələr ənənəvi əritmə-soyutma üsulu ilə hazırlanmışdır. Sintez üçün kimyəvi təmizliyi yüksək (99.99%) SiO_2 və Bi_2O_3 oksiddən istifadə edilmiş, B_2O_3 isə borat turşusu kimi əlavə edilmişdir. Gd_2O_3 komponenti silisium-bismut-borat şüşəsinə müvafiq oksid (Gd_2O_3) kimi əlavə edilmişdir [3]. Tərkiblər hesablanmış, dəqiq çəki götürülmüş, nümunələr SNOL tipli sobada 1273-1373K temperaturda 8 saat müddətində platin tigellərdə sintez edilmişdir. Sintez olunmuş ərintilər titan lövhə üzərinə tökülmüşdür [4,5]. Diferensial termiki analizi NETZCHSTA 449F3STA – 0836 cihazı istifadə edilərək otaq temperaturunda 10 $K \cdot min^{-1}$ qızdırma sürəti və ±2°C dəqiqliyi ilə ~1400 K diapazonunda aparıldı. Fiziki xassələri, kompensasiya metodundan istifadə edilərək B7-30 və B7-21A rəqəmsal voltmetrləri ilə ölçülmüşdür.

Nəticələr və müzakirəsi

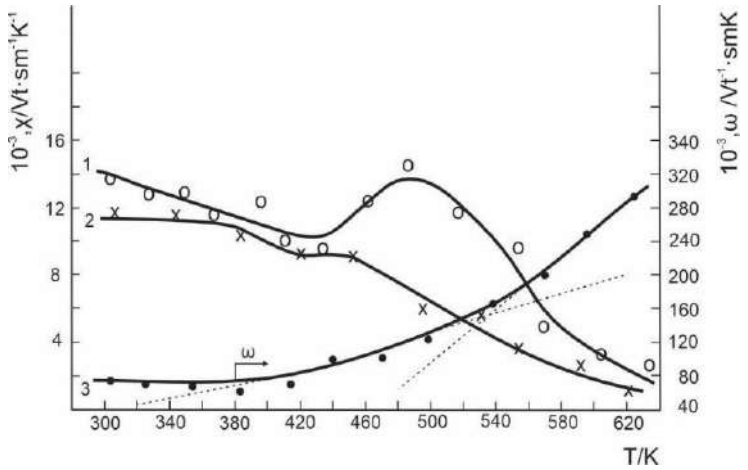
Gd_2O_3 ilə aşqarlanmış $2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$-$2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2$ kəsiyindən №1 $(2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3)_{95}$ – $(2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2)_{4,96}$+$(Gd_2O_3)_{0,04}$ və №2 $(2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3)_{95}$–$(2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2)_{4,8}$+$(Gd_2O_3)_{0,2}$ tərkibli nümunələr seçilmiş və bu tərkiblərin fiziki xassələri - müqavimətinin (R) və dielektrik nüfuzluğunun (ε') temperatur asılılıqları tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, müqavimət T=300÷950K temperatur intervalında qismən sabitdir və R≈ $(2÷4)10^{10}$ Om arasında dəyişir. 2№ li nümunənin dielektrik nüfuzluğunun (ε') f=5; 10; və 50 kHz tezliklərdə ε'(T) asılılığı da öyrənilmişdir (şəkil 1). Təcrübələr göstərmişdir ki, tezliyin qiyməti artdıqca ε'-qiyməti 450-dən 350-yə qədər azalır. Bu azalma temperaturun böyük qiymətlərində (T>850K) baş verir. T=300÷600K temperatur intervalında isə ε'-qiymətinin tezlikdən asılılığı isə ε'≈150-160 arasında dəyişir və təxminən sabitdir. Qeyd edək ki, nisbətən aşağı tezliklərdə və T≈750K temperaturunda ε'-in qiymətində maksimal qiymət müşahidə olunur və T≈780K-də (ε'=280) minumumdan keçir. Temperaturun sonrakı artımında mütənasib artma müşahidə olunur.



Şəkil 1. №1və №2 nümunələrin elektrik müqavimətinin (1,2) , 2 №li nümunədə dielektrik nüfuzluğunun temperatur asılılıqları (2')

Bu tərkiblərin istilikkeçirmə əmsalı və istilik müqaviməti T=300÷650K temperatur intervalında ölçülmüş və nəticələr şəkil 2-də verilmişdir.

Şəkil 2-dən görünür ki, 1№-li nümunənin istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı χ(T) T=300÷420K temperatur intervalında $14\cdot10^{-3}$Vt/smK-dən, $9{,}4\cdot10^{-3}$Vt/smK-ə qədər azalır. Temperaturun sonrakı artımında, T=488K-də maksimumdan ($11{,}8\cdot10^{-3}$ Vt /smK) keçərək azalır. 2№li nümunədə isə temperaturun artması ilə istilikkeçirmə əmsalının qiymətində mütənasib azalma müşahidə olunur. Bu nümunənin χ(T) asılılığı tədqiqat apardığımız T=300÷620K intervalında kiçikdir və $12\cdot10^{-3}$ Vt/smK-dən $2\cdot10^{-3}$ Vt/smK-ə qədər azalır.



Şəkil 2. №1 və №2 nümunələrdə istilikkeçirmə əmsalının (1və 2-ci əyrilər) və №2 nümunənin istilik müqavimətinin (3-cü əyri) temperatur asılılığı.

2№-li nümunənin istilik təbiətini araşdırmaq məqsədi ilə onun istilik müqavimətinin temperatur asılılığına baxılmışdır. Bu nümunənin istilkkeçirmə əmsalı və elektrik keçiriciliyi çox kiçik olduğundan onun ümumi istilikkeçirmə əmsalının qiymətinin qəfəs istilik keçiriciliyindən ibarət olduğunu qəbul edərək ($\chi_{üm}=\chi_q+\chi_{el}\approx\chi_{qəf}$); $1/\chi_q=\omega$ istilik müqavimətinin temperatur asılılığı qurulmuşdur. Şəkil 2-də 3-cü əyri istilik müqavimətinin (ω) temperatur asılılığını xarakterizə edir. Qrafikdən göründüyü kimi ω(T) asılılığı xətti asılılıqdan kəskin kənar çıxır. Bu isə verilmiş tərkibin defektli təbiəti ilə bağlıdır. Başqa sözlə fononların optik fononlardan və aktiv ion mərkəzlərindən səpilmənin üstünlük təşkil etdiyini göstərir.

Beləliklə yuxarıda qeyd olunan nəticələrin analizindən müəyyən olunmuşdur ki, №2 $(2Bi_2O_3\cdot B_2O_3)_{95}$–$(2Bi_2O_3\cdot 3SiO_2)_{4.8}$+$(Gd_2O_3)_{0.2}$ tərkib xarici təsirlərə qarşı: mexaniki gərginliyə, rütubətə, radiasiyaya qarşı davamlıdır. Bu tərkibin bəzi parametrlərinin – optik xassələrinin, mexaniki bərkliyin, və sıxlığını təyin etməklə onun tətbiq olunma sahəsini dəqiqləşdirmək olar.

ƏDƏBİYYAT

[1]T.Maeder. Review of Bi_2O_3 based glasses for electronics and related applications. International Materials Reviews. 2013. 58(1). p.3-40.

[2]Y.S.Rammah,M.I.Sayyed,A.A.Ali,H.O.Tekin,R.El-Mallawany.Appl.Phys.A.2018.124.p.1-9

[3] S. Ibrahim, F.I. El-Agawany, Y.S. Rammah, Emad M. Ahmed, A.A. Ali. ZnO-Bi_2O_3-B_2O_3 glasses doped with rare earth oxides: Synthesis, physical, structural characteristics, neutron and photon attenuation attitude. Optik.2021. V 243. p.167414

[4] Y. Hordieiev, A. Zaichuk. Thermal and crystallization behavior of aluminum-doped bismuth borate glasses. MRS Advances. 2024. V 9. p. 671-677

[5] Y. Hordieiev and A. Zaichuk. Impact of La_2O_3 Substitution on the Structural, Thermal, and Radiation Shielding Properties of Sodium–Barium Borosilicate Glasses. International Journal of Ceramic Engineering & Science. 2025. V7(6). e70029

STUDY OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF SELECTED COMPOUNDS DOPED WITH Gd_2O_3 COMPONENT FROM THE $2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$ -$2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2$ SYSTEM

Bananyarli S.I., Khalilova L.A., Ismayilov Sh.S., Levchuk N.V.

Summary

In this work, samples from the $2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3$-$2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2$ system were doped with the Gd_2O_3 component and the physical properties of the obtained samples were studied. The physical properties of the two doped samples were of greater interest than the other samples. It was found that the sample with a composition of $(2Bi_2O_3 \cdot B_2O_3)_{95}$–$(2Bi_2O_3 \cdot 3SiO_2)_{4.8}$+ $(Gd_2O_3)_{0.2}$ is more resistant to external influences: mechanical stress, humidity, radiation. This composition can be used in the preparation of various protective layers in microelectronics.

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF Fe(III) IN A SILVER NANOPARTICLES–AZO REAGENT–CTAB BASED SYSTEM

İmamaliyeva A.A., Çıraqov F.M., Hacıyeva F.V., Məmmədova M.F., Əliyev L.P.
Baku State University

Keywords: *Silver, nanoparticles, CTAB, spectrophotometrik determination,ternary complex.*

This study investigated the spectrophotometric determination of Fe(III) in a system based on silver nanoparticles, azo reagent, and CTAB. Silver nanoparticles were synthesized in the presence of starch, glucose, and NaOH, and the resulting colloidal solution showed stable properties. The azo reagent was prepared via a diazotization method, and its interaction with AgNPs was studied using UV-Vis spectroscopy. It was found that the presence of silver nanoparticles and CTAB enhances complex formation, leading to a bathochromic shift of the absorption maximum and an increase in molar absorptivity. Under optimal conditions, the maximum absorbance of the ternary system was observed at pH 4 and 525 nm. The composition of the complex was determined by Job's method to be Fe:R = 1:2. The obtained results indicate that the proposed method is sensitive, selective, and reliable for the determination of Fe(III) and has promising potential for optical analytical applications.

Silver nanoparticles are small-sized metallic particles that are widely used in materials science and analytical chemistry due to their unique optical, electronic, and catalytic properties. Silver nanoparticles exhibit surface plasmon resonance, which enables the investigation of complex formation through color changes and absorption spectrum measurements [1, 21–29]. These properties make them ideal for the synthesis of complexes with azo compounds and other reagents, as well as for optical analysis [2, 373–381].

Silver nanoparticles were synthesized using 1% starch, glucose, and NaOH. The resulting colloidal solution turned dark brown and was purified from foreign ions by centrifugation. Starch acted as both a reducing and stabilizing agent, NaOH as an accele-rator,

and glucose as a reducing agent. The synthesis of 4-(2-(4-fluorophenol) diazen-1-yl) benzene-1,2,3-triol was carried out via the diazonium method, and the yield was 76%.

Complexes formed by Ag nanoparticles with the given reagent were analyzed using UV spectroscopy. The UV spectra showed that the absorption bands of the R reagent in the ultraviolet region were located within the 200–500 nm range, with maximum peaks at 218 nm, 369 nm, and 412 nm, corresponding to π–π* and n–π* transitions. Upon addition of Ag nanoparticles, the binary complex exhibited absorption peaks at 201 nm, 276 nm, and 416 nm, while the formation of the complex was visually indicated by a color change from dark brown to yellow. When CTAB was added, a ternary complex was formed, and the absorption peaks shifted to 207 nm, 237 nm, and 276 nm. This hypsochromic (blue) shift is attributed to quantum size effects and the surface plasmon resonance of Ag nanoparticles. Aggregation of Ag nanoparticles led to a change in color from dark brown to light yellow, accompanied by a hypochromic effect.

Analytical results of the formed complexes demonstrated that maximum complex formation occurs under different optimal conditions for each system. In the binary R+Fe system, maximum complex formation was observed at pH 5 and a wavelength of 500 nm, with a molar absorptivity (ε) of approximately 1.20×10^4 $L\cdot cm^{-1}\cdot(\mu g/mL)^{-1}$. In the R+Ag+Fe system, the presence of Ag nanoparticles enhanced complex formation, with optimal conditions at pH 4 and $\lambda max=510$ nm, and an ε value of approximately 1.44×10^4 $L\cdot cm^{-1}\cdot(\mu g/mL)^{-1}$.

. In the ternary R+Ag+CTAB+Fe system, the addition of CTAB further enhanced the stability of the complex, with maximum complex formation observed at the same pH 4 and $\lambda max=525$ nm, while the molar absorptivity (ε) was approximately 2.04×10^4 $L\cdot cm^{-1}\cdot(\mu g/mL)^{-1}$. The Job's isomolar series indicated that, in all systems, maximum absorbance occurs at a Fe-to-reagent molar ratio of 1:2, meaning that one Fe(III) ion forms a complex with two reagent molecules. The addition of Ag nanoparticles and CTAB increased the stability of the complex and improved the reliability of the system in analytical applications. The results show that the synthesized Ag nanoparticles–azo reagent complex is stable, reliable, and analytically suitable, demonstrating high potential for optical sensors and colorimetric methods. UV-Vis spectra revealed that the ultraviolet absorption bands of the R reagent are located in the 200–500 nm range, with maximum peaks at 218 nm, 369 nm, and 412 nm, corresponding to π–π* and n–π* transitions. Upon addition of Ag nanoparticles, the binary complex showed absorption peaks at 201 nm, 276 nm, and 416 nm, and complex formation was accompanied by a color change from dark brown to yellow. With CTAB addition, a ternary complex formed, and the absorption peaks shifted to 207 nm, 237 nm, and 276 nm. This hypsochromic (blue) shift is attributed to quantum size effects and the surface plasmon resonance of Ag nanoparticles. Aggregation of Ag nanoparticles led to a color change from dark brown to light yellow, along with a hypochromic effect [3, 1–10]. The Job's isomolar series confirmed that in all systems the maximum absorbance corresponds to a 1:2 molar ratio between Fe(III) and the reagent, indicating that one Fe(III) ion coordinates with two reagent molecules. Ag nanoparticles and CTAB enhance the stability of the complex, thereby increasing its reliability in analytical applications [4, 313]. These results demonstrate that the synthesized Ag nanoparticle–azo reagent complex is stable, reliable, and analytically favorable, particularly with high potential for optical sensors and colorimetric detection methods..

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF Fe(III) IN AN AG NANOPARTICLES–AZO REAGENT–CTAB BASED SYSTEM

Imamaliyeva A.A., Chiragov F.M., Hajiyeva F.V., Mammadova M.F., Алиев Л.П.

Summary

In this work, the spectrophotometric determination of Fe(III) in a system based on silver nanoparticles, azo reagent, and CTAB was investigated. Ag nanoparticles were synthesized in the presence of starch, glucose, and NaOH, and the obtained colloidal solution exhibited stable properties. The azo reagent was prepared via the diazotization method, and its interaction with AgNPs was studied using UV-Vis spectroscopy. It was found that the presence of Ag nanoparticles and CTAB enhances complex formation, leading to a bathochromic shift of the absorption maximum and an increase in the molar absorptivity. Under optimal conditions, the maximum absorbance of the ternary system was observed at pH 4 and 525 nm. Using the Job's method, the composition of the complex was determined to be Fe:R = 1:2. The obtained results demonstrate that the proposed method is sensitive, selective, and reliable for the determination of Fe(III), and it is promising for optical analytical applications.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ Fe(III) В СИСТЕМЕ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, АЗОРЕАГЕНТА И ЦТАБ

Имамалиева А.А., Чирагов Ф.М., Гаджиева Ф.В., Мамедова М.Ф. Aliyev L.P.

Резюме

В данной работе исследовано спектрофотометрическое определение Fe(III) в системе, основанной на наночастицах серебра, азореагенте и CTAB. Наночастицы Ag были синтезированы в присутствии крахмала, глюкозы и NaOH, при этом полученный коллоидный раствор обладал стабильными свойствами. Азореагент был получен методом диазотирования, а его взаимодействие с AgNPs изучалось с помощью УФ-видимой спектроскопии. Установлено, что присутствие наночастиц серебра и CTAB усиливает комплексообразование, вызывая батохромный сдвиг максимума поглощения и увеличение молярного коэффициента поглощения. В оптимальных условиях максимальное поглощение тройной системы наблюдалось при pH 4 и 525 нм. Методом Джоба было установлено, что состав комплекса соответствует соотношению Fe: R = 1:2. Полученные результаты показывают, что предложенный метод является чувствительным, селективным и надежным для определения Fe(III) и перспективен для оптических аналитических применений.

REFERENCES

1. Abdullah M., Spectrophotometric determination of Fe(II) and Fe(III) using azo reagent. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 2021, 33, 21–29

2. Hedayati M., Rahimi R., Khosravi A., An optimised spectrophotometric assay for quantitation of iron from nanoparticles. *International Jour of Hyperthermia*, 2017,34, 373–381.

3. Alabidi H.M., HusseinA.A.,Spectrophotometric determination of metal ions using azo reagents, *Current Applied Science and Technology*, 2020, 20, 1–10.

4. Zhang, L., Chen, H., Liu, S. Detection of Fe(III) ion based on functionalized silver nanoparticles, *Materials Chemistry and Physics*, 2024, 313, Article 128671.

In-$SrInSe_2$ SİSTEMİNİN ƏRİNTİLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ BƏRK MƏHLUL ƏRİNTİLƏRİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏDQİQİ

[1]Sultanova A.N., [1]Yaqubov N.İ., [2]Əliyev İ.İ., [2]Əjdərova D.S., [2]Paşacanov A.M., [2]Rüstəmova D.F. , [4]Nəbiyeva S.A.

[1]Bakı Dövlət Universiteti, [2]AR Elm və Təhsil Nazirliyi, Kimya İnstitutu

[3]Qərbi Kaspi Universiteti, [4]ARETN Fizika İnstitutu

Açar sözlər: *Sistem, kvazibinar, evtektika, bərk məhlul, sıxlıq.*

Keywords: *System, quasibinary, eutectic, solid solution, density.*

In-$SrInSe_2$ sisteminin ərintiləri sintez edilmiş və fiziki-kimyəvi analiz metodlar: diferensial-termiki (DTA), rentgenfaza analizi (RFA), mikroquruluş analizi (MQA), həmçinin sıxlığın və mikrobərkliyin təyini vasitəsilə tədqiq edilmişdir. In-$SrInSe_2$ sistemində bərk məhlul sahəsi araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, sistemdə yalnız $SrInSe_2$ birləşməsi əsasında 5 at. %İn həll olur. In-$SrInSe_2$ sistemdə In tərəfdə 145^{o}C-də 5 mol % $SrInSe_2$ evtek tika əmələ gəlir. Sistemin bütün ərintiləri ikifazalıdırlar, yəni sistem kvazibinardır.

Ədəbiyyatda qələvi-torpaq elementlərinin xalkogenidlərindən ibarət üçlü sistemlər təd-qiq edilmişdir [1-4]. Bu sistemlərdə $A^{II}MeX_2$, $A^{II}Me_2X_4$ və $A^{II}Me_4X_7$ (A^{II}-Ca,Sr,Ba; Me-Ga,In; X-S,Se,Te) tərkibli birləşmələrin alındığı müəyyən edilmişdir. Qeyd edilən birləşmə-lər müxtəlif aktivatorların təsirindən yüksək lüminessent xassəli materiallardır [5-9].

In-$SrInSe_2$ sisteminin ərintilərinin sintez etmək üçün əvvəlcə $SrInSe_2$ birləşməsi sintez edilmişdir. Sr elementi asan oksidləşdiyi üçün əvvəlcə In və Se elementləri və sonra Sr elementi çəkiləməklə kvars ampulaya doldurularaq havası 0,133 Pa təzyiqinə kimi sorularaq ağzı bağlanmışdır. Sonra sintez ampulası sobaya daxil edilərək temperatur 200^{o}C-ə çatdırılmış və bir gün ərzində həmin temperaturda saxlanılmışdır. Temperaturun kəskin artması nəticəsində Sr elementi selenlə çox ekzotermik reaksiyaya girir və ampulanı əridərək çarladır. Ona görə bir gündən sonra sobanın temperaturu 230^{o}C-ə çatdırılır və bir gün həmin temperaturda qaldıqdan sonra temperatur 3 saat ərzində tədricən 1000^{o}C-ə çatdırılaraq sintez edilmişdir. Daha sonra sistemin ərintiləri In və $SrInSe_2$ 500-1000 ^{o}C temperatur intervalında sintez edilmişdir. Alınmış ərintilər homogenləşdirilmək üçün 150^{o}C-də 240 saat müddətində termiki emal edilmişdir.

In-$SrInSe_2$ sisteminin ərintiləri 1000^{o}C-də kompakt kütlə halında alınmış, boz rəngli maddələrdir. Sistemin ərintiləri havaya, suya qarşı az davamlıdırlar. Sistemin ərintiləri H_2SO_4 və HNO_3 turşularda güclü həll olurlar. Nümunələrin homogenləşdirilməsi başa çatdırıldıqdan sonra sistemin ərintilərinin fiziki-kimyəvi analizi aparılmışdır.

Ərintilərin diferensial-termiki analizi göstərir ki, onların termoqramlarında iki endotermiki effektlər alınır. Sistemdə $SrInSe_2$ birləşməsi əsasında homogenlik sahəsinin olduğu aşkar edilmişdir. Mikroquruluş analizi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, $SrInSe_2$ birləşməsi ətrafında birfazalı sahə mövcuddur. Otaq temperaturunda $SrInSe_2$ birləşməsi əsasında 5 at. % bərk məhlul sahəsi aşkar edilmişdir.

Mikrobərkliyin 150 MPa qiyməti indium elementinin mikrobərkliyinə uyğundur. Mikrobərkliyin (1080-1120) MPa qiyməti isə $SrInSe_2$ birləşməsi əsasında alınmış α-bərk məhlul ərintilərinin mikrobərkliyinə uyğundur. Sistemin ərintilərinin sıxlıqlarının tərkibdən asılılığı demək olar ki, xətti xarakter daşıyır.

ƏDƏBİYYAT

1. Андреев О.В., Паршуков Н.Н. Фазовые диаграммы системы CaS-Er_2S_3 // Журн. неорган. химии. 2004.Т.49. № 11.С.1763- 1766.
2. Андреев О,В., Митрошин О.Ю., Критокин Н.А., Разумкова И.А. Фазовые равновесия в системе SrS-Ln_2S_3 //Журн.неорган.химии. 2008.Т.53.№ 3.С.440-444.
3. Кертман А.В., Краеваб Н.В. Фазовые равновесия в системе SrS-Ga_2S_3 // Журн. неорган. химии.2010. Т.55. № 8. С.1283-1286.
4. Алиев И. И., Мусаева Р. Л., Ягубов Н. И., Садыгов Ф. М.. Исмаилов Ф.И. Характер взаимодействия в системе InSe-CaSe Журн.Неорг.хим,2009,т.54 №8, стр. 1398 -1400.
5. Тагиев Б.Г., Тагиев О.Б., Джаббаров Р.Б., Мусаева Н.Н., Касимов У.Ф. Фотолюминесценция в соединениях $Ca_4Ga_2S_7:Ce^{3+}$ и $Ca_4Ga_2S_7:Pr^{3+}$ // Неорган. Материалы, - 2000, -Т. 36, -№ 1, -с. 3-6.
6. Van Haecke, J.E.; Smet, P.F.; Poelman, D. The influence of source powder composition on the electroluminescence of $Ca_{1-x}Sr_xS$:Eu thin films // Spectroc. Acta Pt. B-Atom. Spectr, -2004. -v. 59. -pp. 1759-1764.
7. Van Haecke, J.E.; Smet, P.F.; Poelman, D. The formation of Eu^{2+} clusters in saturated red $Ca_{0.5}Sr_{0.5}S$:Eu electrolum.devices//J.Electrochem. Soc.-2005,-v.152.P. H225-H228.
8. Chartier, C.; Barthou, C.; Benalloul, P.; Chenot, S.; Frigerio, J.M. Structural and luminescent properties of green emitting $SrGa_2S_4$:Eu thin films prepared by RF-sputtering // J. Cryst. Growth, -2003, -v. 256. - pp. 305-316.
9. Chartier C., Barthou C., Benalloul P., Frigerio J.M. Photoluminescence of Eu^{2+} in $SrGa_2S_4$ // J. Lumines. 2005, 111, 147-158.

SYNTHESIS OF ALLOYS OF THE In-$SrInSe_2$ SYSTEM AND PHYSICOCHEMICAL STUDY OF THE SOLID SOLUTION

Sultanova A.N., Yagubov N.I., Aliyev I.I., Ajdarova D.S., Pashajanov A.M., Rüstəmova D.F., Nabieva S.A.

Summary

Alloys of the In-$SrInSe_2$ system were synthesized and studied using physicchemical analytical methods: differential-thermal analysis (DTA), X-ray diffraction (XRD), microstructural analysis (MSA), as well as density and microhardness determination. The solid solution region of the In-$SrInSe_2$ system was studied. It was found that solid solutions based on the $SrInSe_2$ compound in the system reach up to 5 at. % In. At 145°C, a eutectic containing 5 mol % $SrInSe_2$ formed on the Inside of the In-$SrInSe_2$ system. All alloys in the system are two-phase, meaning the system is quasi-binary.

PHYSİCOCHEMICAL STUDY OF ORE SAMPLES TAKEN FROM THE ZANGELAN RIVER HAKARI

[1]Rafiyeva H. L.,, [2]Guliyeva A. A Taghiyeva L. T.
[1]Institute of Catalysis and Inorganic Chemistry [2]Baku State University
aybeniz.quliyeva.72@mail.ru hicran_chem@mail.ru

Key words: *Mineralogical composition, X-ray diffraction, electron microscopy, atomic analyzer.*

Ключевые слова: *Минералогический состав, рентгеновская дифракция, электронная микроскопия, атомный анализатор.*

Açar sözlər: *Mineraloji tərkib, rentgen difraksiyası, elektron mikroskopiya, atom analizatoru.*

Abstract

Determining the composition of ore samples collected in Karabakh using modern methods is one of the most pressing challenges of our time. The mineralogical and chemical composition of an ore sample collected from the Khakari River, which flows through Zangelan, was determined using modern physicochemical analysis methods. The development of new ore deposits primarily involves studying their mineralogical composition. X-ray diffraction (RFA) and ions using scanning electron microscopy (SEM) Hitachi S 3400N (Japan); the composition of the products was determined by energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS analysis) using an Oxford atomic analyzer.

The present research is devoted to the study of the mineralogical composition of the ores of the Zangelan deposit (Republic of Azerbaijan) using modern methods of physic-cochemical analysis, such as X-ray diffraction (RFA) and ions using scanning electron microscopy (SEM) Hitachi S 3400N (Japan); the composition of the products was determined by energydispersive X-ray spectroscopy (EDS analysis) using an Oxford atomic analyzer. The results of the study of the average sample of the Zangelan ore are presented in Figures 1 and 2.

As a result of the conducted analyses, it was established that the main rock-forming minerals of the ore under study are alkaline (potassium-sodium) feldspars, plagioclase (calcium-sodium) feldspars, represented by anorthoclase (Na, K) ALSi3O8 – 29% and bytownite (Ca, Na)[AL(ALSi)Si2O8] – 37%, calcite (CaCO3) – 12%, and quartz (SiO2) – 22% were also found [1-3].

Feldspars are widely used in metallurgy as a source of alumina. Rare metals infeldspars are present as impurities in other minerals and are rarely extracted industrially. The rock sample studied was found to contain associated rare metals such as Mo, Si,Mg and Tb (Fig. 2) [3-5]. The conducted research contributes to the expansion of the raw material base and the development of the metallurgical industry in Azerbaijan.

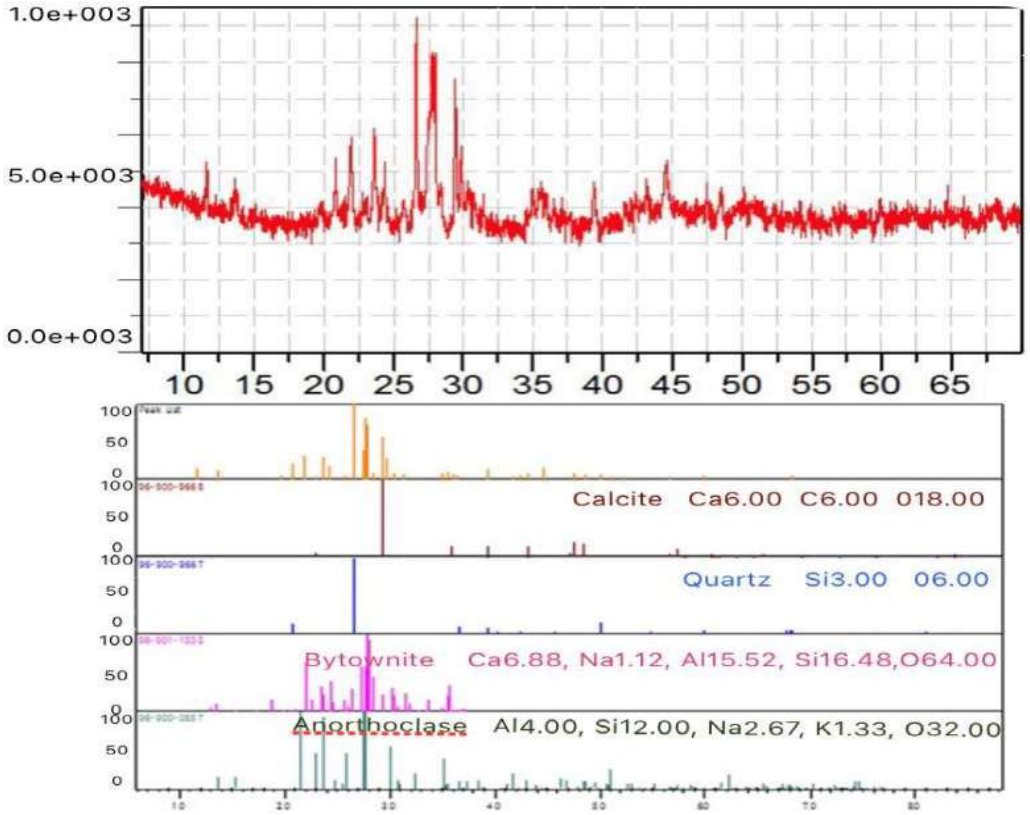


Fig. 1. Results of X-ray phase analysis of an average sample of Zangelan ore.

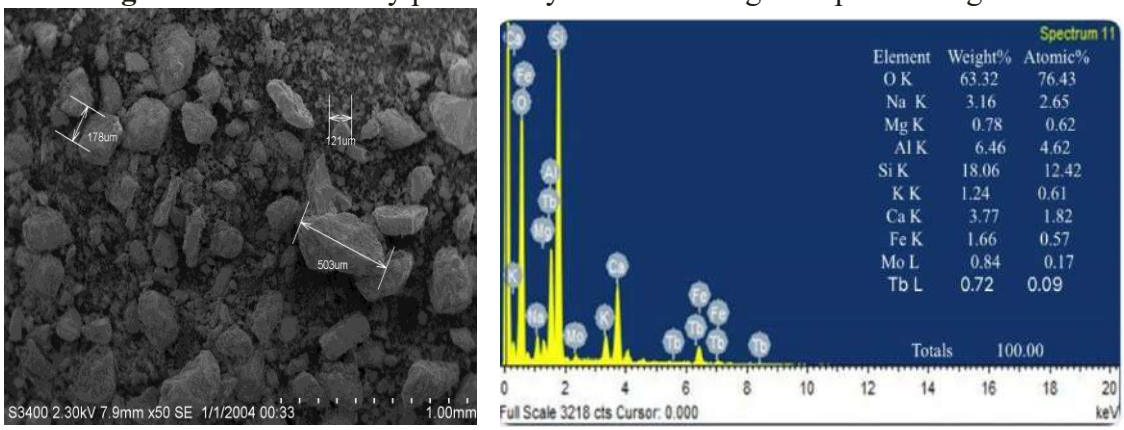


Fig. 2. Results of SEM \ EDS analysis of an average sample of Zangelan ore.

REFERENCES

1. Beaumelle L., Giffard B., Tolle P. and oth., Biodiiiversity conservation, ecosystem services and organic viticulture: A glass half-full.Agriculture, Ecosystems & Environment, 2023, 351. 108474

2. Biondi A., Mommaerts V., Smagghe G., Vinuela E., Zappala L., The nontarget impact f spinosyns on beneficial arthropods. Pest Management Science, 2012,68, 1523-1536

3. K.Rahimli, Azerbaijan State Agrarian University, "ways of increasing soil fertility in ecological agriculture" masters thesis on, Ganja 2021

4. Mammadov Q.Sh, Khalilov M.Y,Mammadova S.Z., Agroecology, Baku, Elm printhouse, 2010, 552 p. https://www.bmtbeti.az/az/opennews/914.html

ZƏNGİLAN RAYONU ƏRAZİSİNDƏN AXAN HƏKƏRİ ÇAYINDAN GÖTÜRÜLMÜŞ FİLİZ NÜMUNƏLƏRİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏDQİQİ

[1]Rəfiyeva H.L., [2]A.A.Quliyeva, [2]Tağıyeva L.T.

Xülasə

Qarabağ ərazisindən toplanmış filiz nümunələrinin müasir üsullarla tərkibinin müəyyən edilməsi dövrümüzün ən aktual problemlərindən biridir. Zəngilan rayonu ərа-zisindən axan Hakari çayından götürülmüş filiz nümunəsinin mineraloji və kimyəvi tərkibi müasir fiziki-kimyəvi analiz üsulları ilə müəyyən edilmişdir. Yeni filiz yataqlarının işlənilməsi, ilk növbədə, onların mineraloji tərkibinin öyrənilməsini tələb edir. Nümunənin mineral tərkibi rentgen difraksiyası (RFA) üsulu ilə, ion və morfoloji xüsusiyyətləri isə skan edən elektron mikroskopu (SEM, Hitachi S-3400N, Yaponiya) vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Məhsulların tərkibi enerji dispersiyalı rentgen spektroskopiyası (EDS analizi) üsulu ilə Oxford tipli atom analizatoru vasitəsilə müəyyən olunmuşdur.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РУДНЫХ ОБРАЗЦОВ, ОТОБРАННЫХ ИЗ РЕКИ ХАКАРИ (ЗАНГЕЛАНСКИЙ РАЙОН)

[1] Рафиева Х. Л., [2] Гулиева А.А, [2]Тагиева Л.Т.

Резюме

Определение состава рудных образцов, собранных в Карабахском регионе с использованием современных методов, является одной из наиболее актуальных задач нашего времени. В данной работе минералогический и химический состав рудного образца, отобранного из реки Хакари, протекающей через Зангеланский район, был определён с использованием современных физико-химических методов анализа. Разработка новых месторождений руд в первую очередь требует изучения их минералогического состава. Минералогический состав образца был исследован методом рентгеновской дифракции (РФА). Морфологические и микроструктурные характеристики были изучены с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM, Hitachi S-3400N, Япония). Элементный состав был определён методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS) с исполь-зованием анализатора Oxford.

PVA/5% $FeGaInS_4$ NANOKOMPOZİTİNDƏ DƏYİŞƏN CƏRƏYAN KEÇİRİCİLİYİ

Niftiyev N.N.[*], Addayeva Z.R.[**], Məmmədov F.M.[***], Muradov M.B.[**]
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti[*], Bakı Dövlət Universiteti[**]
Kataliz və Qeyri –üzvi Kimya İnstitutu[***]
namiq7@bk.ru

Açar sözlər: *PVA, $FeGaInS_4$, nanokompozit, elektrik keçiriciliyi, CBH modeli, aktivləşmə enerjisi, sıçrayış keçiriciliyi.*

İşdə PVA matrisinə 5% $FeGaInS_4$ kristallarının daxil edilməsi ilə alınmış nano-kompozitin dəyişən cərəyan elektrik keçiriciliyi tədqiq olunmuşdur. Nəticələr göstərir ki, hər

iki sistemdə keçiricilik tezlik və temperaturun artması ilə artır və sıçrayış tipli keçiricilik mexanizminə uyğun gəlir. $FeGaInS_4$ əlavə olunması aktivləşmə enerjisini müəyyən qədər azaltsa da, keçirici yolların tam formalaşmaması səbəbindən ümumi elektrik keçiriciliyi azalır. Analizlər keçiriciliyin korrelyasiya olunmuş potensial baryer (CBH) modeli ilə izah olunduğunu təsdiqləyir. Alınan nəticələr bu tip nanokompozitlərin funksional material kimi tətbiq perspektivlərini göstərir.

Elm və texnologiyanın inkişafı polimerlərin elastiklik, çeviklik və davamlılıq kimi üstün xüsusiyyətlərinə görə onların geniş tətbiqinə şərait yaratmışdır. Bununla belə, bu materialların funksional xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq məqsədilə mikro və nanoölçülü doldurucular əlavə edilərək kompozitlər hazırlanır. Belə kompozitlərdə polimer matrisi ilə doldurucu arasında formalaşan interfaza sahəsi onların elektrik və dielektrik xassələrinə mühüm təsir göstərir. Xüsusilə, ikiölçülü laylı kristallar yüksək səth sahəsi və spesifik elektrik xüsusiyyətləri səbəbindən perspektivli materiallar hesab olunur.

Tədqiqat obyekti kimi PVA matrisinə 5% $FeGaInS_4$ kristallarının daxil edilməsi ilə alınmış nanokompozitin elektrik xassələri tədqiq edilmişdir. Nəticələr göstərir ki, bu tip materiallar elektronika və optoelektronika sahəsində, o cümlədən sensorlar, enerji saxlama sistemləri, dielektrik örtüklər və elastik elektron komponentlər üçün geniş tətbiq potensialına malikdir.

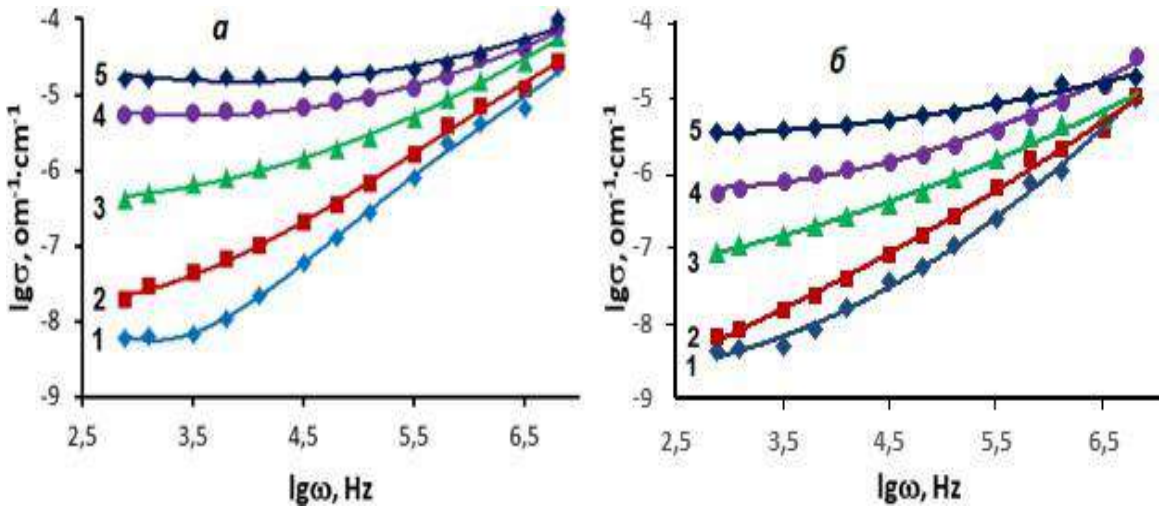
$FeGaInS_4$ kristalları ilkin komponentlərin stoxiometrik qarışığından sintez olunmuş, havası sorulmuş kvars ampulada yerləşdirilərək iki zonalı sobada termiki emala məruz qoyulmuşdur [1]. Alınmış kristallar mexaniki üsulla xırdalanaraq PVA polimer matrisinə daxil edilmişdir. Bunun üçün PVA-nın distillə olunmuş suda məhlulu hazırlanmış və ona 5 kütlə faizi $FeGaInS_4$ tozu əlavə edilmişdir. Qarışıq nanohissəciklərin homogen paylanmasını təmin etmək məqsədilə 4 dəqiqə ultrasəs emalına məruz qoyulmuşdur. Sonra məhlul filtrdən keçirilmiş və otaq temperaturunda qurudularaq elastik nanokompozit plyonkalar əldə edilmişdir. Müqayisə məqsədilə eyni üsulla təmiz PVA plyonkaları da hazırlanmışdır [2].

Elektrik keçiriciliyi ölçmələri 25–10^6 Hz tezlik diapazonunda və 1 V gərginlikdə E7-20 impedans cihazı vasitəsilə aparılmış, həm təmiz PVA-nın, həm də PVA + 5% $FeGaInS_4$kompozitinin temperatur və tezlik asılılıqları öyrənilmişdir.Nümunəyə 1V gərginlik verilmişdir. Elektrik keçiriciliyi$\sigma = \frac{d}{R \cdot S}$ifadəsindən hesablanmışdır.

Şəkil 1-də təmiz PVA (a) və 5% $FeGaInS_4$ tərkibli kompozit (b) üçün lgσ-nın lgω-dan asılılıqları verilmişdir. Hər iki sistem üçün müsbət meyl müşahidə olunur, yəni tezlik artdıqca keçiricilik artır ki, bu da sıçrayış tipli dəyişən cərəyan keçiriciliyinə uyğun gəlir.

Təmiz PVA nümunəsi daha yüksək keçiricilik göstərir. 5% $FeGaInS_4$ əlavə olunması isə keçiriciliyin azalmasına səbəb olur. Bu hal onunla izah edilir ki, göstərilən konsentrasiyada doldurucu hissəciklər hələ effektiv və fasiləsiz keçirici yollar formalaşdırmır, əksinə, bəzi hallarda yükdaşıyıcıların hərəkətini məhdudlaşdırır. Nəticədə σ-nın qiyməti azalır və sistemdə keçiricilik mexanizmi tam formalaşmış vəziyyətə çatmır.

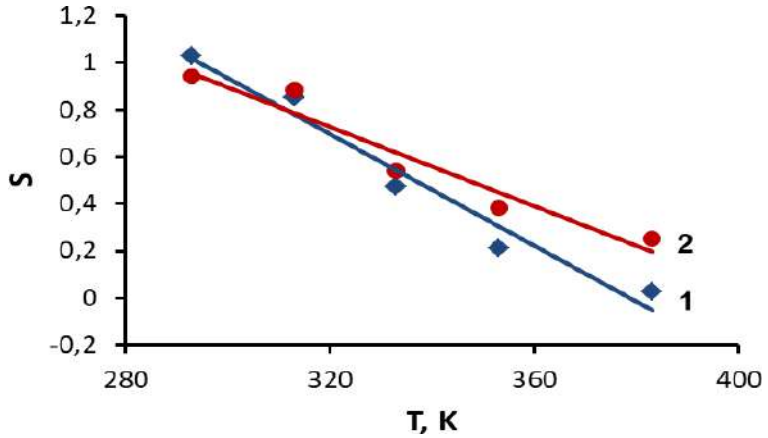
Tezliyin artması lokallaşmış tələlər arasında elektronların sıçrayışını aktivləşdirir və bu proses $\sigma(\omega)=\sigma_{dc} + A\cdot\omega^S(0 < s \leq 1)$ ifadəsi ilə təsvir olunur[3]. Burada s parametri keçiricilik mexanizmini xarakterizə edir. Əyrilərin paralel artımı mexanizmin sabitliyini, meyllərdəki fərqlər isə s parametrinin temperaturdan asılılığını göstərir.



Şəkil 1. Müxtəlif temperaturlarda boş PVA(*a*) və 5% $FeGaInS_4$ tərkibli kompozitin (b) elektrik keçiriciliyinin elektrik sahəsinin tezliyindən asılılığı. T, K: 1−293, 2−313, 3−333, 4−353, 5−383.

Şəkil 2-də $5 \cdot 10^3$ Hz tezlikdə s parametrinin temperaturdan asılılığı təqdim olunmuşdur. Təmiz PVA üçün s daha sürətlə azalır və yüksək temperaturlarda daha kiçik qiymətlər alır ki, bu da yükdaşıyıcıların daha az məhdudlaşdığını göstərir. PVA + 5% $FeGaInS_4$ kompozitində isə s daha böyük qiymətlər alır və zəif dəyişir. Bu, sistemdə əlavə lokallaşmış hallar və potensial baryerlərin yaranması ilə əlaqədardır və nəticədə elektronların sıçrayışı daha məhdud xarakter daşıyır.

Hər iki sistemdə temperatur artdıqca s parametrinin azalması keçiriciliyin korrel-yasiya olunmuş potensial baryer (CBH) modeli ilə izah olunduğunu göstərir. Bu modelə əsasən [4]:



Şəkil 2. $5 \cdot 10^3$ Hz tezlikdə təmiz PVA (1) və 5% $FeGaInS_4$ əsaslı kompozit (2) üçün s göstəricisinin temperaturdan asılılığı.

$$s = 1 - \frac{6kT}{W_M} \quad (1)$$

və buradan

$$W = \frac{6kT}{1-S}. \quad (2)$$

Keçiricilik isə aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\sigma(\omega) = \frac{\pi^3 N^2 \varepsilon \varepsilon_0 \omega R_\omega^6}{24}. \quad (3)$$

Burada N — lokallaşmış vəziyyət cütlərinin sıxlığıdır. Sıçrayış radiusu isə

$$R_\omega = \frac{e^2}{\pi \varepsilon \varepsilon_0} \left[W_M - kT ln\left(\frac{1}{\omega \tau_0}\right) \right]^{-1}. \quad (4)$$

ifadəsi ilə təyin olunur.Təcrübə məlumatlarına əsasən, sistem parametrləri 293 K və $2 \cdot 10^3$ Hz-də hesablanmışdır (Cədvəl 1-ə baxın).

Cədvəl 1.

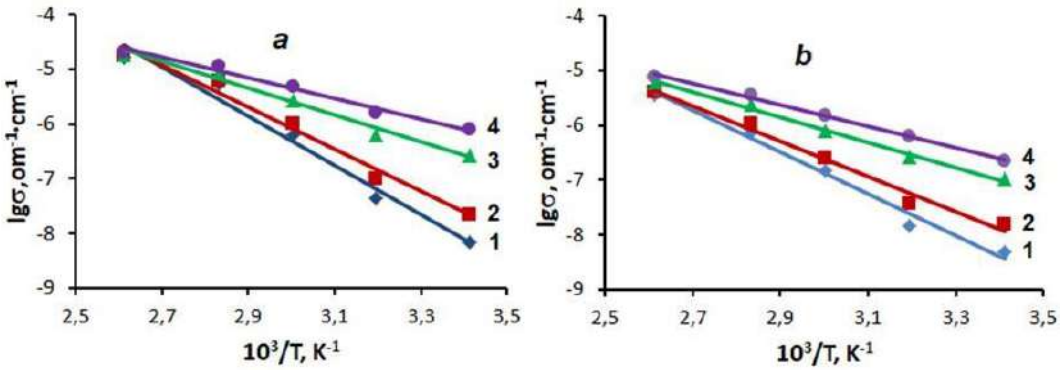
Nümunələr	s	R_ω, m·10^{-10}	N, $m^{-3} \cdot 10^{25}$	W_M, эВ
TəmizPVA	0,94	3,22	40,0	2,51
PVA/$FeGaInS_4$ (5%)	0,94	6,66	5,30	2,51

Alınan nəticələr göstərir ki, hər iki nümunə üçün s və W_m parametrlərinin eyni olması keçiricilik mexanizminin dəyişmədiyini və CBH modeli ilə izah olunduğunu təsdiqləyir. Lakin kompozitdə lokallaşmış hallarının sıxlığının azalması və sıçrayış radiusunun artması elektronların daha uzaq məsafələrə sıçramasına səbəb olur ki, bu da yükdaşıma prosesini çətinləşdirir və keçiriciliyin azalmasına gətirib çıxarır.

Şəkil 3-də müxtəlif tezliklər üçün lgσ-nın 10^3/T-dən asılılıqları təqdim olunmuşdur. Tədqiq olunan temperatur intervalında müşahidə olunan davranış Arrenius tənliyi ilə təsvir olunan aktivləşmə tipli keçiricilik mexanizminə uyğun gəlir [5]:

$$\sigma = \sigma_0 \exp(-\Delta E/kT)$$

Hesablamalar göstərir ki, 293–383 K intervalında aktivləşmə enerjisi PVA üçün 0,84–0,38 eV, 5% $FeGaInS_4$ kompoziti üçün isə 0,76–0,38 eV diapazonunda dəyişir. Bu, doldurucunun əlavə olunması ilə aşağı temperaturlarda enerji baryerinin azaldığını göstərir. Bununla yanaşı, kompozitin ümumi keçiriciliyinin azalması hissəciklərin tam homogen paylanmaması və aqreqasiya nəticəsində effektiv keçirici yolların forma-laşmaması ilə izah olunur. Eyni zamanda, lokallaşmış halların sayının artması da yükdaşıma prosesini zəiflədir.



Şəkil 3. Elektrik sahəsinin müxtəlif tezliklərində təmiz PVA-nın (a) və 5% $FeGaInS_4$ əsaslı kompozitin (b) elektrik keçiriciliyinin temperaturdan asılılığı. f, Hz: 1–$5 \cdot 10^2$, 2–$2 \cdot 10^3$, 3–$2 \cdot 10^4$, 4–$5 \cdot 10^4$.

Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, həm təmiz PVA, həm də PVA + 5% $FeGaInS_4$ nanokompozitində dəyişən cərəyan keçiriciliyi sıçrayış mexanizmi ilə xarakterizə olunur və

CBH modeli ilə uğurla izah edilir. $FeGaInS_4$ əlavə edilməsi nəticəsində aktivləşmə enerjisinin azalmasına baxmayaraq, lokallaşmış hallarının sıxlığının azalması və sıçrayış radiusunun artması yükdaşıma prosesini çətinləşdirir. Nəticədə, kompozitdə ümumi elektrik keçiriciliyi azalır. Bu hal doldurucu hissəciklərin homogen paylanmaması və effektiv keçirici yolların formalaşmaması ilə əlaqələndirilir. Beləliklə, $FeGaInS_4$ əlavə olunması mikroskopik səviyyədə keçiriciliyi yaxşılaşdıran amillər yaratsa da, makroskopik səviyyədə əks effekt müşahidə olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Addayeva Z., Azizian-Kalandaragh Y., Niftiyev N., Eyvazova G., Mammadov F., Babanly M., Baghirov M.B., Muradov M. Fabrication and dielectric spectroscopy analysis of $FeGaInS_4$/ PVA composite materials // Journal of Vinyl and Additive Technology. 2024. V. 30, P. 1–9.
2. Mammadov F. M., NiftiyevN. N., Mammadov F. I. Synthesis and crystalstructure of the $FeGaInS_4$ compound // Azerbaijan Chemical Journal. 2017. V. 2. P. 56-59.
3. Electronic Processes in Non-Crystalline Substances/Mott N.,Davis E.Oxford Uni.Press.2012.590 p.
4. Pike G.E., AS Conductivity of scandium oxide and a new hopping model for conductivity // Phys. Rev. B 6.1972. 1572. https://doi.org/10.1103/ PhysRevB.6.1572.
5. Physics of Semiconductor Devices/Sze S.M.,Kwok K.Ng.Wiley-Interscience.2007.815 p.

ПРОВОДИМОСТЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА В НАНОКОМПОЗИТЕ ПВС/5%$FeGaInS_4$

Нифтиев Н.Н., Аддаева З.Р., Мамедов Ф.М., Мурадов М.Б.

Резюме

В данной работе исследована проводимость переменного тока наноком-позита, полученного введением 5% кристаллов $FeGaInS_4$в матрицу ПВС. Показано, что в обеих системах проводимость возрастает с увеличением частоты и температуры и соответс-твует прыжковому механизму проводимости. Добавление FeGa InS_4 приводит к некоторому снижению энергии активации, однако из-за неполного формирования проводящих путей общая электропроводность уменьшается. Анализ подтверждает, что проводимость описывается моделью коррелированных потен-циальных барьеров (CBH). Полученные результаты свидетельствуют о перс-пективности таких нанокомпозитов как функциональных материалов.

AC CONDUCTIVITY IN PVA/5% $FeGaInS_4$ NANOCOMPOSITE

Niftiyev N.N., Addayeva Z.R., Məmmədov F.M., Muradov M.B.

Summary

In this work, the alternating current (AC) electrical conductivity of a nanocompo-site obtained by incorporating 5% $FeGaInS_4$ crystals into a PVA matrix has been investigated. The results show that in both systems the conductivity increases with increasing frequency and temperature and corresponds to a hopping-type conduction mechanism. Although the addition of $FeGaInS_4$ slightly reduces the activation energy, the overall electrical conductivity decreases due to the incomplete formation of conductive paths. The analysis confirms that the conductivity can be explained by the correlated barrier hopping (CBH) model. The obtained results demonstrate the potential of such nanocomposites for functional material applications.

INVESTIGATION OF THE STRUCTURAL AND SURFACE PROPERTIES OF BENTONITE-BASED ADSORBENT

Jafarova İ.A., Alasgarova F. F., Hasanova G.Z.
Institute of Ecology and Natural Resource, Ganja

Keywords: *Bentonite clay, montmorillonite, adsorbent, chemical composition, adsorption capacity*

Abstract

Bentonite is a natural aluminosilicate mainly composed of montmorillonite and is characterized by a high specific surface area, swelling capacity, and cation exchange properties. The structural and surface properties of bentonite samples were studied using various physicochemical analysis methods. The obtained results show that the porous structure and surface activity of bentonite ensure its high adsorption capacity. Changes in surface properties directly affect the efficiency of the adsorption process. At the same time, a comparative analysis of raw and modified forms of bentonite was carried out, and possibilities for increasing adsorption potential were identified.

In modern times, environmental pollution and the increase in industrial waste have significantly raised the demand for effective purification technologies. In this regard, natural adsorbents, including bentonite, are of great scientific and practical interest.

Bentonite is a layered aluminosilicate mineral mainly composed of montmorillonite and is characterized by a high specific surface area, swelling ability, and cation exchange capacity. Bentonite clays consist of approximately 75–80% montmorillonite. Studies of the chemical composition of bentonite deposits have revealed a predominance of SiO_2 and Al_2O_3 [1]. Bentonites are known as montmorillonite clays, and their mineralogical composition contains a significant amount of montmorillonite. In natural bentonites, this content varies between 50–75%, while after enrichment it can reach up to 90% smectite clay. In addition, bentonites also contain other clay minerals such as illite, chlorite, and kaolinite [2].

If a clay contains about 70% montmorillonite or another mineral from the smectite group, it is classified as bentonite-like or “bentonoid.” The crystal structure of a material containing 70% montmorillonite has been determined and is presented in Figure.

Its structural characteristics—variable interlayer spacing, porous structure, and surface activity—create favorable conditions for the adsorption of various substances. These properties have led to the wide application of bentonite in water purification, oil refining, chemistry, and cosmetology [3].

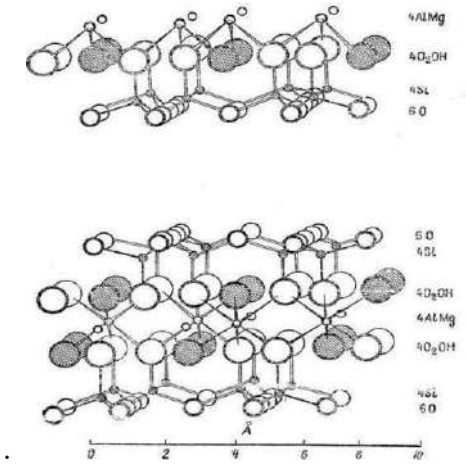


Figure 1. Structure of montmorillonite.

The efficiency of bentonite-based adsorbents directly depends on their structural and surface properties. In particular, the size of the surface area, pore size distribution, presence of functional groups on the surface, and ion exchange capacity significantly influence the adsorption process. Therefore, the detailed study of the structural and surface properties of bentonite is an акtуal scientific problem for expanding its application potential [4].

In the conducted studies, the reasons for changes in adsorption properties and specific surface area of thermally activated bentonite at different temperatures were investigated. It was determined that during thermal activation of bentonite in the range of 100°C–200°C, adsorption properties improve and the specific surface area increases. This change is explained by the removal of physically bound moisture from the pores [5].

However, increasing the temperature up to 600°C leads to the removal of chemically bound water from the crystal lattice, which reduces the degree of hydration of the material surface and decreases adsorption properties. At temperatures up to 800°C, the specific surface area further decreases. This is due to chemical interactions of oxides within the adsorbent, leading to the formation of new crystalline surface structures and consequently changes in adsorption properties. The changes in adsorption capacity and specific surface area of bentonite during thermal activation at different temperatures are given in the table. As can be seen from the table, with increasing temperature, both the adsorption capacity and the specific surface area of the adsorbent decrease.

The aim of this study is to investigate the structural properties and surface parameters of a bentonite-based adsorbent using modern analytical methods, as well as to determine their influence on adsorption capacity.

Table 1.

Changes in adsorption capacity and specific surface area of bentonite during thermal activation at different temperatures.

Temperature, °C	Adsorption capacity, mg/g	Purified Naftalan oil, %	Specific surface area, m²/g
200	18,0	90,0	24,5
400	10,5	52,5	20,1
600	3,7	18,5	12,6
800	1,2	6,0	7,2

The obtained results are of great importance for applications in various industrial fields, particularly in solving environmental problems.

REFERENCES

[1] Aliyev F.Y., Jafarova I.A. *Purification of Naftalan oil from carcinogenic compounds using bentonite-based adsorbents.* ANAS Ganja Branch, "Collection of News", No. 1(80), Ganja, 2021, pp. 3–7.

[2] Aliyev F.Y., Jafarova I.A., Asgarova Kh.J. *Investigation of the adsorption properties of thermally activated bentonite at different temperatures.* Conference Proceedings, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Ganja Branch. Republican Conference on "Environmental Protection: Recycling of Industrial and Domestic Waste", November 24–25, Ganja, 2022, pp. 18–20.

[3] Ismayilov N.Sh. *Results of research on improving the technological properties of bentonite clays.* Baku State University, Baku, 2009, pp. 5–11.

[4] Mammadov I.A. *On the diagnosis of clay minerals using X-ray research methods.* Methodological guide, Baku, 2004, pp. 7–14.

[5] Nasseri Sh.A., Yagubov A.I. *Study of the influence of various factors on the physicochemical characteristics of Dash Salahli bentonite.* Chemical Problems, No. 2, Baku, 2015, pp. 24–31.

BENTONİT ƏSASLI ADSORBENTİN QRUPU VƏ SƏHİT XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQİQİ

Cəfərova İ.A., Ələsgərova F.F., Həsənova G.Z.

Xülasə

Bentonit əsasən montmorillonit tərkibli təbii alüminosilikat olub yüksək spesifik səth sahəsi, şişmə qabiliyyəti və kation mübadilə xüsusiyyətləri ilə seçilir. Bentonit nümunələrinin struktur quruluşu və səthi xüsusiyyətləri müxtəlif fiziki-kimyəvi analiz üsulları vasitəsi ilə öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr göstərir ki, bentonitin məsaməli quruluşu və səth aktivliyi onun yüksək adsorbsiya qabiliyyətini təmin edir. Səthi xüsusiyyətlərin dəyişməsi adsorbsiya prosesinin effektivliyinə birbaşa təsir göstərir. Eyni zamanda, bentonitin ilkin və modifikasiya olunmuş formalarının müqayisəli təhlili aparılaraq adsorbsiya potensialının artırılması imkanları müəyyən edilmişdir.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ АДСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТА

Джафарова И.А., Аласгарова Ф.Ф., Хасанова Г.З.

Резюме

Бентонит представляет собой природный алюмосиликат, основным компонентом которого является монтмориллонит, и характеризуется высокой уде-льной поверхностью, способностью к набуханию и катионообменными свойствами. Структурное строение и поверхностные характеристики образцов бентонита были изучены с использованием различных физико-химических методов анализа.

Полученные результаты показали, что пористая структура и поверхностная активность бентонита обеспечивают его высокую адсорбционную способность. Изменение поверхностных свойств непосредственно влияет на эффективность процесса адсорбции. В то же время, на основе сравнительного анализа исходных и модифицированных форм бентонита были определены возможности повышения его адсорбционного потенциала.

SYNTHESIS AND STUDY OF HETEROMETALLIC COORDINATION COMPOUNDS OF ORTHO- AND META-PHTHALIC AACID DIHYDRAZIDES WITH COBALT (II) AND NICKEL (II)

[1]Zedginidze R., [1]Bolqvadze N., [1,2]Gvelesiani I., [3]Endeladze N.
[1] Georgian Technical University, Georgia, Tbilisi, [2] Tbilisi State Medical University
V.Bakhutashvili Institute of Medical Biotechnology,
Georgia,Tbilisi. [3] Akaki Tsereteli State University, Georgia. Kutaisi.
ruskazedginidze@gmail.com

The search and study of biologically active organic ligands for the synthesis of new complex compounds is a crucial issue. For this purpose, an electronic study of the molecu-les of 1,2-benzoyldicarboxylic acid (orthophthalic acid) and 1,3-benzoyldicarboxylic acid (metaphthalic acid) dihydrazides as potential ligands was conducted. The electronic structure, biological activity, and complex-forming ability of these molecules have been studied.

Data on effective charges, dipole moments, and electron densities on atoms in the molecule of ligand structures in various solvents (Water, ethanol, acetone, dimethylformamide, dimethylsulfoxide, hexane, etc.)Given by quantum-chemical semi-empirical AM1 research.The software study of biological activity was conducted using the Prediction of Activity Spectra for Substances (PASS) method.By processing the data in the table using the PASS method, the biological activity of the compounds was determined, and a comprehensive characterization of their efficacy and toxicity was performed.

New heterometallic coordination compounds of cobalt (II) and nickel (II) with these ligands in the molar ratio L:$CoCl_2$:$NiCl_2$-2:1:1 have been synthesized,The effect of various solvents on the complexation ability of ligands was studied, and ethanol-water was chosen as the reaction medium.The infrared absorption spectra of the synthesized compound have been studied.It has been established that the ligand molecules perform a cyclic-tetradentate function.Coordination with metal ions occurs through the oxygen atom of the carbonyl group of the ligands -CO and the nitrogen atom of the -NH_2 group.

DETERMINATION OF BISMUTH ION IN ENVIRONMENTAL OBJECTS BY VARIOUS METHODS

[1]Rajabova Q. Q.
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
rajabova@mail.com

Keywords: *Student T test,sorbent,interference, cation, anion.*

Ключевые слова: *Т-критерий Стьюдента, сорбент, помехи, катион, анион.*

Development of rapid and highly sensitive methods for the determination of bismuth ions. In this study, natural silk fiber generated from waste was used as a sorbent. Several methods for its determination have been developed to date, and these methods are being compared with our method. The presence of bismuth ions in various environmental samples and their permissible limits were studied. The influence of various cations and anions was examined. The proposed method was also evaluated using the Student's t-test and the F-test of variance. One of the global problems that poses a growing threat to the environment is the presence of heavy metals in the air, soil, and water. Man-made and natural processes release heavy metals into the environment. [1] The main compounds of bismuth used are BiCl3, Bi(NO3)3, these compounds are toxic. The permissible limit of Bi ion should not exceed 0.1mg/m3. [2] Since heavy metals with high density are difficult to eliminate in the body, they often accumulate. The sorption spectrophotometric method is effective in determining toxic metals from their low concentration solutions. For this, an organic reagent is selected that forms a stable complex with bismuth metal. In addition, the selected reagent must have the property. -P-NH, CI were used as a support for immobilizing the ligand.

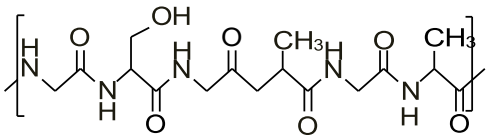


Figure 1. Molecular structure of silk fiber matrices.

Silk fibroin fiber is considered environmentally friendly and biodestructive, meeting the requirements of green chemistry. Methods for sorption-spectrophotometric determination of toxic metals, bismuth ions, were developed using immobilized xylon orange reagent. They were compared with several methods for the determination of toxic metals by world scientists. The absorption spectra of the selected reagent and the resulting complex were obtained.

REFERENCES

1. Caplette, J., Wilson, S., & Mestrot, A. Journal of Hazardous Materials, 134230. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134230

2. Lu, Y., Ran, M., Jiao, Y., Wu, J., & Li, J. Environmental and Experimental Botany, 105601. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105601

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНА ВИСМУТА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Раябова К. К.

Резюме

Разработка быстрых и высокочувствительных методов определения ионов висмута. В данной работе в качестве сорбента использовалось натуральное шелковое волокно, образующееся в результате отходов. К настоящему времени разработано несколько методов его определения, и эти методы сравниваются с разработанным нами методом. Изучено присутствие ионов висмута в различных образцах окру-жающей среды и их допустимые предельные значения. Изучено влияние различных катионов и

анионов. Предложенный метод также был оценен с помощью t-критерия Стьюдента и F-критерия вариации.

ƏTRAF MÜHIT OBYEKTLƏRİNDƏ VİZMUT İONUNUN MÜXTƏLİF ÜSULLARLA MÜƏYYƏNDİRİLMƏSİ

Rəcəbova Q.Q.

Xülasə

Razrabotka bystryx i vysokochuvstvitelnyx metodov opredelenia ionov bismuta. Bu işdə sorbent kimi təbii ipək lifindən istifadə olunur və nəticə əladır. K nastoyaschemu vremeni razrabotano neskolko metodov ego opredeleniya, mən eti metodu sravnivayutsya s razrabotanymn nami metodom. Izucheno presutstvie ionov vismut müxtəlif obraztsax okrujayushche sredy i ix dostimmye predelnye znacheniya. Kationların və anionların müxtəlif təsirləri. Predlojennyy metodu da köməkçi t-meyarı Student və F-meyarının variasiyası ilə qiymətləndirildi.

Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 SİSTEMİNİN ƏRİNTİLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ BAŞLANĞIC KOMPONENTLƏR ƏSASINDA BƏRK MƏHLUL SAHƏSİNİN ARAŞDIRILMASI

[1]Məsiyeva L.F., [1]Yusubov F.V., [2]Əliyev İ.İ., [3]Qurbanov Q.B., [3]Alverdiyev İ.C., [3]Məmmədoвa A.E., [3]Məmmədova A.T.

[1]Azərbaycan Texniki Universiteti, [2]Kimya İnstitutu, [3]Gəncə Dövlət Universiteti

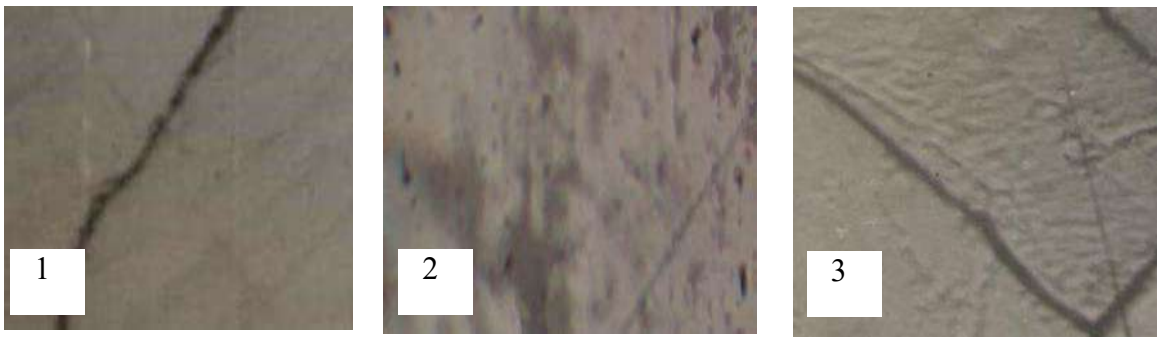
Açar sözlər: *Sistem, bərk məhlul, kvazibinar, ərinti, sıxlıq.*
Keywords: *System, solid solution, quasibinary, alloys, density.*

Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ilkin komponentləri haqqında aşağıdakı məlumatlar vardır. Stibium xalkogenidləri və onlar əsasında alınmış yeni fazalar fotoelektrik [1-4] və termoelektrik [5-8] xassəli materiallar olub, enerji çeviriciləri kimi, geniş istifadə olunurlar. Xrom xalkogenidləri əsasında alınmış mürəkkəb tərkibli fazalar maqnit xassəli materiallardır [9-13].

Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ərintilərinin sintezi iki mərhələdə aparılmışdır. Birinci mərhələdə Sb_2Se_3 və Cr_3Te_4 birləşmələri sintez edilmişdir. Birləşmələr aşağıdakı təmizlikli elementlərdən ampula metodu ilə sintez edilmişdir: СУ-000 markalı stibiumdan, В-4 markalı selendən, 99,98 % markalı xromdan və zonalı əritmə üsulu ilə təmizlənmiş tellur. İlkin komponentlərin alınmasına tam əmin olduqdan sonra Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ərintiləri Sb_2Se_3 və Cr_3Te_4 komponentlərindən 0,133 MPa təzyiqinə kimi havası sorulmuş kvars ampulada sintez edilmişdir.

Sistemin ərintilərinin xarici mühitin təsirlərinə və turşulara qarşı münasibəti öyrənilmişdir. Ərintilər havanın oksigeninə, suya və üzvi həlledicilərə qarşı davamlıdırlar. Onlar mineral turşularda H_2SO_4, HNO_3 yaxşı həll olurlar, qüvvətli qələvilərdə qismən həll olurlar. Tarazlıq vəziyyətində olan nümunələr fiziki-kimyəvi analiz metodları vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ərintiləri fiziki-kimyəvi analiz metodları: DTA, RFA, MQA, həmçinin sıxlığın və mikrobərkliyin təyini vasitəsilə tədqiq edilmiş və ilkin komponentlər əsasında bərk məhlul sahələri araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, otaq

temperaturunda Sb_2Se_3 birləşməsi əsasında 5 mol % Cr_3Te_4 bərk məhlul əmələ gəldiyi halda, Cr_3Te_4 birləşməsi əsasında həllolma 3,5 mol % təşkil edir.



Şək.1. Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ərintilərinin mikroquruluşu.
1-5; 2-50, 3-96,5 mol % Cr_3Te_4.

Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 sisteminin ərintilərinin diferensial-termiki analizi zamanı nümunə-lərin termoqramlarında iki və üç endotermiki effektlərin olduğu müəyyən edilmişdir. Cr_3Te_4 birləşməsinin iki polimorf faza keçidi məlumdur. α-Cr_3Te_4 modifikasiyasının faza keçid temperaturu 635°C, β-Cr_3Te_4 modifikasiyası üçün isə -1292°C-dir. Buna görə 40-100 mol % Cr_3Te_4 aralığında, ərintilərin termoqramlarında üç effekt mövcuddur. Şəkil 1-də 5, 50 və 96,5 mol Cr_3Te_4 tərkibli ərintilərinin mikroquruluş şəkilləri verilmişdir. 5, və 96,5 mol Cr_3Te_4 tərkibli ərintilər uyğun olaraq Sb_2Se_3 və Cr_3Te_4 birləşmələri əsasında bərk məhlul ərintiləridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Магомедов А.З., Алиев А.О., Асланов М.А., Мусаева С.М., Джавадова С.Д. Особенность температурной зависимости спектрального распределения фото-чувствительности сегнетоэлектриков-полупроводников Sb_2S_3-Sb_2Se_3. Вестник Бакинского Университета, сер.физико-математических наук, 2004, № 4, с.163-169.

2. Магомедов А.З., Алиев А.О., Асланов М.А. Исследование фотопроводимости сегнетополупроводниковых кристаллов системы Sb_2S_3-Sb_2Se_3 в широком интервале температур. БГУ Министерство Образования Азербайджана, “Актуальные проблемы физики ”Материалы III республиканскщй научной конференции, 2004, с.54

3. Zhou, Y.; Wang, L; Chen, S.; Qin, S.; Liu, X.; Chen, J.; Xue, D.J.; Luo, M.; Cao,Y.; Cheng, Y.; et al. Thin-film Sb_2Se_3 photovoltaics with oriented one-dimensional ribbons and benign grain boundaries. Nat. Photonics 2015, 9, 409–415.

2. Fernandez, A.; Merino, M. Preparation and characterization of Sb_2Se_3 thin films pre-pared by electrodeposition for photovoltaic applic.Thin Solid Films 2000,366,202–206.

3. Kutasov V.A. Shifting the maximum figure-of-merit of $(Bi,Sb)_2(Te,Se)_3$ thermoelec-trics to lower temperatures. In Thermoelectrics Handbook; CRC Press:Boca Raton, FL, USA, 2005. p. 37-18–37-31.

4. Ivanova, Z.G.; Cernoskova, E.; Vassilev, V.S.; Boycheva, S.V. Thermomechanical and structural characterization of $GeSe_2$–Sb_2Se_3–ZnSe glasses. Mater. Lett. 2003, 57, 1025–1028.

5. Eliana M.F. Vieira, Joana Figueirab, Ana L.Piresc, José Griloa, Manuel F. Silva, André M. Pereirac, Luis M. Goncalves. Enhanced thermoelectric properties of Sb_2Te_3 and Bi_2Te_3 films

for flexible thermal sensors //Journal of Alloys and Compounds.2019. V.774, 5 February, P.1102-1116. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.09.324

6. Bin Xu, Jing Zhang, Gongqi Yu, Shanshan Ma, Yusheng Wang, and Yuanxu Wang Thermoelectric properties of monolayer Sb_2Te_3 // Journal of Applied Physics 2018. V. 124. P.165104; https://doi.org/10.1063/1.5051470
7. Белов К.П., Третьяков Ю.Д., Гордеев И.В., Королева Л.И., Педько А.В., Багорова С.Д., Алферов В.А., Саксонов Ю.Г., Шалимова М.А. Магнитные свойства халькогенидных шпинелей $Cd_xCu_xCr_2S_4$, $CdCr_2Se_{4-y}$ $FeCr_2S_{4-y}$//ФТТ.1973.Т.15.№10.С.3106-108.
8. Север Г.Н. Аномальный фотомагнитоэлектрический эффект в ферримагнитном полупроводнике $CdCr_2Se_4$ // ФТП. 1983. Т. 17. №8.-С.1505-507.
9. Шумилкин Н. С. Взаимодействие в системах Cu-In-Cr-Se(Te) в области существования магнитных фаз с высокими температурами магнитного упорядочения (Tc). Дис. на соиск. канд. хим. наук. РАН ИОНХ им. Н.С. Курнакова. 2002. 121 с.
10. Yamashita O., Yamauchi H., Yamaguchi Y. et.al. Magnetic Properties of the System $CuCr_2Se_{4-x}Y_x$ (Y=C1, Br) // J. Phys. Soc. Jap. 1979. V. 47. № 2. P. 450-454.
11. Королева Л.И., Лукина Л.Н., Бушева Е.В., Шабунина ГГ., Аминов Т.Г Новые магнитные полупроводники $CuCr_2Se_{4-x}Sb_x$ // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. 1999. Т. 35. № 12. С.1425-1428.

SYNTHESIS ALLOYS OF THE SYSTEM Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 AND STUDY OF SOLID SOLUTION FIELD BASED ON THE STARTING COMPONENTS

Masieva L.F., Yusubov F.V., Aliyev I.I., Gurbanov G.B., Alverdiev I.J., Mammadova A.E., Mammadova A.T.

Summary

Alloys of the Sb_2Se_3-Cr_3Te_4 system were studied using physicochemical analysis methods: differential-thermal analysis, X-ray diffraction (XRD), and microstructural analysis (MSA), as well as density and microhardness determination. The solid solution regions based on the initial components were investigated. It was found that at room temperature, solid solutions based on Sb_2Se_3 reach 5 mol. % Cr_3Te_4, while at the initial compound, the concentration based on Cr_3Te_4 is 3.5 mol. % Sb_2Se_3. The microstructures of the solid solution alloys were studied.

HYBRID SORPTION–SPECTROSCOPIC DETERMINATION OF CO(II) IONS USING IMMOBILIZED NITROSO-N-SALT ON A SILK FIBROIN MATRIX

[a]Matekeyeva A., [b]Mukhammadiyeva M., [b]Saitqulova V., Ruzmetov U.
[a]Tashkent State Technical University, Tashkent, 100095, Uzbekistan
[b]National University of Uzbekistan, Tashkent, 100174, Uzbekistan
aziza_chemico@mail.ru

Keywords: *Co(II) ions, Nitroso-N-salt, silk fibroin, hybrid sorbent, UV–Vis spectrophotometry, sorption, complexation.*

Abstract

Cobalt (Co(II)) ions are essential trace elements; however, at elevated concen-trations, they pose environmental and health risks. Therefore, the development of sensitive and selective methods for their determination is important in analytical chemistry. In this study, a hybrid sorption–spectroscopic system based on Nitroso-N-salt immobilized on a silk fibroin matrix was developed for Co(II) determination. The complexation and immobilization processes were investigated, and optimal conditions were established (pH 6.5–7.0, sorbent mass 0.2 g, contact time 2 min). UV–Vis analysis showed that Nitroso-N-salt has a maximum absorbance at 400 nm, while the Co(II) complex exhibits increased absorbance above 550 nm, improving sensitivity. The immobilization efficiency reached 94% and recovery was 99%. A linear relationship between signal and Co(II) concentration was observed in the range of 10^{-4}–10^{-1} M. Compared to existing methods, the proposed system provides high efficiency, rapid analysis, and environmental compatibility due to the use of a natural biopolymer matrix. The method is simple, cost-effective, and suitable for environmental and industrial water analysis.

Аннотация

Ионы кобальта (Co(II)) являются важными микроэлементами, однако при повышенных концентрациях представляют экологическую и медицинскую опасность. В связи с этим разработка чувствительных и селективных методов их определения является актуальной задачей аналитической химии. В данной работе предложена гибридная сорбционно-спектроскопическая система на основе нитрозо-N-соли, иммобилизованной на матрице шёлкового фиброина, для определения Co(II). Изучены процессы комплексообразования и иммобилизации, установлены оптимальные условия (pH 6,5–7,0, масса сорбента 0,2 г, время контакта 2 мин). УФ-видимая спектроскопия показала, что нитрозо-N-соль имеет максимум поглощения при 400 нм, тогда как комплекс Co(II) проявляет повышенное поглощение в области выше 550 нм.Эффективность иммобилизации составила 94%, степень извлечения – 99%. Установлена линейная зависимость сигнала в диапазоне 10^{-4}–10^{-1} М. Метод отличается высокой эффективностью, быстротой и экологичностью и может применяться для анализа природных и промышленных вод.

Annotasiya

Kobalt (Co(II)) ionları vacib mikroelementlər olsa da, yüksək konsentrasiyalarda ətraf mühit və insan sağlamlığı üçün təhlükə yaradır. Buna görə də onların təyini üçün həssas və selektiv metodların hazırlanması aktualdır. Bu işdə Co(II) ionlarının təyini üçün ipək fibroin matriksi üzərində immobilizə olunmuş nitrozo-N-duza əsaslanan hibrid sorbsiya-spektroskopik sistem hazırlanmışdır. Kompleksləşmə və immobilizasiya prosesləri öyrənilmiş və optimal şərait müəyyən edilmişdir (pH 6,5–7,0, sorbentin kütləsi 0,2 q, kontakt müddəti 2 dəqiqə). UV–Vis analiz göstərmişdir ki, nitrozo-N-duz 400 nm-də maksimum udma göstərir, Co(II) kompleksi isə 550 nm-dən yuxarı sahədə artmış udma ilə xarakterizə olunur. İmmobilizasiya effektivliyi 94%, bərpa faizi isə 99% olmuşdur. Analitik siqnalın 10^{-4}–10^{-1} M diapazonunda xətti asılılığı müəyyən edilmişdir. Təklif olunan metod yüksək effektivlik, sürət və ekoloji uyğunluq ilə fərqlənir və ətraf mühit və sənaye sularının analizində istifadə oluna bilər.

STUDY OF COMPLEX FORMATION OF Ni (II) WITH AZODERIVATIVES

DIBENZOYL ACETONEIN THE PRESENCE OF THIRD COMPONENTS

[1]Mardanova V.I., [2]Mamedova F.O., [1]Nagiyev Kh.D., [1]Gadjieva S.R., [1]Chyragov F.M.
[1]Baku State University, [2]Ganja State University
mardanova.vusalam@mail.ru

Keywords: *nickel (II), azocompounds, mixed-ligand complex, papaverine, dibazol and urotropin*

Açar sözlər: *Nikel (II), azo birləşmələri, qarışıq liqand kompleksi, papaverin, dibazol, urotropin.*

Abstract

The effect of the third components of papaverine (Pv), dibazol (Db) and urotropin (Ur)for complexformation of nickel (II) with 2-(2-(2-hydroxy-4-nitrophenyl)-hydrazono)-1,3-diphenyl propane-1,3-dione (R). Same- (NiR) and mixed-ligand complex compounds (Ni (II) –RPv, Ni (II) –RDb) and Ni (II) -RUr) are formed at pH 6, 4, 4 and 4, respectively. All complexes are formed immediately after mixing the solutions of the components and differ in stability. The ratio of the reacting components in the composition of same- (1:1) and mixed-ligand (1:1:1) complexes are established. The interval of obedience to Beer's law is determined.Stability constants of same- (NiR) and mixed-ligand complexes (Ni (II) –RPv, Ni (II) –RDb) and Ni (II)-RUr) are calculated. The influence of foreign ions on complexation of nickel (II) with R in the absence and in the presence of third components was studied.A technique has been developed for the spectrophotometric determination of microquantities of nickel in the waters of the Akstafa and Jogaz rivers of the Kazakh region of the Republic of Azerbaijan.

INTRODUCTION

As is known, in modern times, nickel is widely used in electrical engineering, radio engineering and the chemical industry. In addition, nickel is used in the production of metal coatings due to its high corrosion resistance and retention of mechanical and physical properties at extreme temperatures. Nickel is used as a catalyst in the hydrogenation of organic compounds. Adding a small amount of nickel to steel increases its durability and corrosion resistance. Nickel(II) tends to form stable colored complexes with organic reagents containing donor sulfur, nitrogen, and oxygen atoms [1-3]. Purpose of this work: in the presented work, the complexformation of nickel (II) with 2-(2-(2-hydroxy-4-nitrophenyl)-hydrazono)-1,3-diphenyl propane-1,3-dione(R) in the presence third components of papaverine (Pv), dibazol (Db) and urotropin (Ur)was investigated by photometric method.

***Solutions and reagents*:** The reagent was synthesized according to the method {4], its composition and structure established by the methods of elemental analysis and IR spectroscopy.We used $1 \cdot 10^{-3}$ M ethanol solution of the reagent and water-ethanol solutions (3: 7) of the third components, which were prepared by dissolving their exact weighed portions. A solution of nickel (II) ion was prepared from $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ by dissolving an accurately weighed portion in water. Acetate-ammonia buffer solutions were used to create the required acidity. All reagents used are of analytical grade at least.

RESULTS AND DISCUSSIONS

We found that R (in ethyl alcohol) at pH 6 has an absorption band with a maximum (λ= 495 nm). Under these conditions, it forms a complex with nickel (II) (absorption maximum at 521 nm). The study of the obtained complex in the presence of papaverine (Pv), dibazol (Db)

and urotropin (Ur) in a wide pH range showed that under the influence of the third component, a mixed-ligand complex of Ni (II) R-Pv with a maximum light absorptionλ= 544 nm, Ni (II) R-Db λ = 538 nm and for Ni (II) R-Urλ= 549 nm are formed.

It is known from the literature that, depending on the nature of the functional groups that make up the organic molecule, one aromatic nucleus is positively charged and the other is negatively charged, resulting in the interaction of these nuclei. As a result, a bathochromic shift is observed in the light spectrum of the ligand.

The study of the dependence of the absorbances on the pH of the solution showed that when interacting with papaverine (Pv), dibazol (Db) and urotropin (Ur), the optimal conditions of complexation shift into an acidic medium at pH 6, 4, 4 and 4 in complexes, respectively.

To select the optimal conditions, the influence of the concentration of reactants, temperature and the influence of time on the formation of a binary and mixed-ligand complexes was studied. The yield of the Ni (II) -R complex is maximum at a concentration of $8•10^{-5}$ M R, Ni (II) R-Pv at $8•10^{-5}$ MR and $5.2•10^{-5}$ M Pv, Ni (II) R-Db at $8•10^{-5}$ MR and $4.8•10^{-5}$ M Db, Ni (II) R-Ur at $8 • 10^{-5}$ M R and $4•10^{-5}$ M Ur. All complexes are formed immediately after mixing the solutions of the components and differ in stability.

The stability constants and the ratio of the components in the composition of the complexes were established by the methods of isomolar series, the Starick – Barbanel`s relative yield method, and the method of equilibrium shift [5]. Molar coefficients of light absorption, linearity interval of the graduated graphs for the determination of nickel (II), as well as other analytical characteristics of the reagents are given in Table 1.

Table 1.

Spectrophotometric characteristics of nickel (II) complexes.

Complex	pH	λ_{max}, nм	$\varepsilon \cdot 10^{-4}$, L/mol·sм	Me:R	Obedience to Beer`s law,mkg/mL	lgβ
Ni(II)R	6	521	0.866±0.04	1:1	0,374-2,72	9.04±0.04
Ni(II)R-Pv	4	544	1,62±0.03	1:1:1	0,12-2,32	10,39±0,05
Ni(II)R-Db	4	538	1,54±0.02	1:1:1	0,12-2,32	10,26±0.05
Ni(II)R-Ur	4	549	1,68±0.03	1:1:1	0,07-2,32	10,62±0.04

The results show that the lower is the specific electrical conductivity, the greater is the stability of the complexes.

The effect of foreign ions on the complexation of nickel (II) with R in the absence and in the presence of third components has been studied. It was found that in the presence of third components, the selectivity of complexation reactions significantly increases.

A technique has been developed for the spectrophotometric determination of microquantities of nickel in the waters of the Akstafa and Jogaz rivers of the Kazakh region of the Republic of Azerbaijan.

Determination of nickel(II) in the rivers "Akstafa" and "Dzhogaz" of the Kazakh region of the Republic of Azerbaijan.

Analysis technique. For analysis, 1 liter of water was taken from the river bank. The water was evaporated without boiling and a precipitate formed. The resulting precipitate was dissolved in 5 ml HNO_3 and transferred to a 50 ml flask and diluted to the mark with distilled water.When nickel(II) is determined by the photometric method, an aliquot of the resulting solution is placed in a 25 ml flask, 2 ml of 1×10^{-3} M R and 2 ml of 1×10^{-2} M Ur are added, and diluted to the mark with pH 4.The optical density of solutions is measured at λ= 490 nm in a cuvette with l = 1 cm on KFK-2 relative to the test solution. The correctness of the procedure was checked using the ICP-OES thermo ICAP 7400 Duo instrument. The results are presented in table. 4

Table 4.

Results of nickel(II) determination in river waters (n = 5, P = 0.95)

Water sample	Found by photometric method, Ni, mg/l	Found Ni, mg/l (ICP-OES thermo ICAP 7400 Duo)
I Water sample	0,187±0,003	0,193±0,003
II Water sample	0,188±0,004	0,194±0,004

REFERENCES

1. Bai, K.A., Vallinath, G.V.S., Chandrasekhar, K.B., & Devanna, N. (2010). Derivative spectrophotometric determination of nickel (II) using 3, 5-dimethoxy-4-hydroxy benzal-dehyde isonicotinoyl hydrazine (DMHBIH). Rasayan Journal of Chemistry, 3(3), 467-472.

2. Barman, B., Barua, S. (2009). Spectrophotometric determination of nickel (II) by using bis-[2,6-(2'-hydroxy-4'-sulpho-l'-naphthyiazo)] pyridine disodium salt. Asian Journal of Chemistry, 21(7), 5469-5474.

3. Batuner, L.M., Pozin M.E. (1963). Mathematical Methods in Chemical Engineering. Leningrad: Chem. lit.,. 638p.

4. Busev A.I. Synthesis of new org. reagents for inorg. analysis. M.: MGU, 1972. 245 p.

5. Bulatov M.I., Kalinkin I.P. A practical guide to photometric and spectrophotometric methods of analysis. L.: Chemistry, 1972. 407 p.

Ni(II)-İN DİBENZOİL ASETONUN AZO TÖRƏMƏSİ İLƏ ÜÇÜNCÜ KOMPONENTLƏR İŞTİRAKINDA KOMPLEKSƏMƏLƏGƏTİRMƏSİNİN TƏDQİQİ

[1]Mərdanova V. I., [1]Məmmədova F.O., [1]Nağıyev X.D., [1]Gadjieva S.R., [1]Çıraqov F.M.

Xülasə

Nikelin (II) 2-(2-(2-hidroksi-4-nitrofenil)-hidrazono)-1,3-difenil propan-1,3-dion ilə kompleksməlәgəlməsinə üçüncü komponentlər–papaverin (Pv), dibazol (Db) və urotro-pinin (Ur) təsiri möyrənilmişdir. Binar-(NiR) və qarışıq liqand kompleksləri (Ni(II)-RPv, Ni(II)-RDb və Ni(II)-RUr) müvafiq olaraq pH 6, 4, 4 və 4-də əmələ gəlir. Bütün kom-plekslər komponentlərin məhlullarını qarışdırdıqdan dərhal sonra əmələ gəlir və tədqiqat zamanı davamlıdır. Binar (1:1) və qarışıq-liqandlı (1:1:1) komplekslərin komponentləri nisbəti müəyyən edilmişdir. Beer qanununa tabeçılık

$(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ (x = 0.005; 0.01; 0.02; 0.035) BƏRK MƏHLUL ƏRİNTİLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ FOTOELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNİN SPEKTRAL ASILILIĞININ ÖYRƏNİLMƏSİ

[1]İsmayılova S.Ş., [1] Əliyev İ.İ., [2]Yusubov Yu.A., [2]Məmmədova A.T., [3]Məmmədova G.M., [1]Süleymanova M.H.

[1]ARETN, Kimya İnstitutu, [2]Gəncə Dövlət Universiti,

[3]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Unuversiteti

Aşar sözlər: *Bərk məhlul, fotoelektrik, faza, termoelektrik, yarımkeçirici.*

Keywords: *Solid solution, photovoltaic, phase, thermoelectric, semiconductor.*

Arsen xalkogenidləri və onlar əsasında alınmış yeni fazalar və bərk məhlullar, fotoelektrik [1-5] və termoelektrik [6,7] xassəli yarımkeçirici materiallardır. Xrom xalkogenidləri və onlar əsasında alınmış mürəkkəb tərkibli fazalar ferromaqnit [8-10] xassələrə malik olub, məsafədən idarəetmə qurğularında istifadə edilən materiallardır.

$(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ (x=0.005; 0.01; 0.02; 0.035) sisteminin ərintiləri sintezi As_2Te_3 və Cr_2Te_3 komponentlərindən kvars ampulada 600-800^oC temperatur intervalında 6 saat müddətində sintez edilmişdir. Alınan nümunələr sonra 300^oC-də 150 saat müd-dətində termiki emal edilmişdir. $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ ərintilərinin fotokeçiriciliyini tədqiq etmək üçün МВП-12y monoxromatorundan istifadə edilmiş, işçi diapazonu 2000-dən 25000 nm olmuşdur. İşıqlandırıcı kimi civəli lampadan və közərmə lampasından istifadə edilmişdir.

$(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ (x=0.005; 0.01; 0.02; 0.035) bərk məhlul ərintilərinin fotoelektrik keçiriciliyinin spektral asılılığı otaq temperaturunda öyrənilmişdir.

$(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ (x= 0.005; 0.01; 0.02; 0.035) bərk məhlul ərintilərinin fotoelektrik keçiriciliyi tədqiq edilmişdir. Nümunələrin uzunluğu 8-10 mm qalınlığı 2 mm olmaqla, parlaq hala salınmışdır.

Fotokeçiriciliyi ölçmək üçün nümunə imkan daxilində kiçik götürülməlidir, çünki nümunənin həssaslığı $\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ ilə mütənasibdir. Eyni zamanda nümunənin ϑ — həssaslığı d qalınlıq ilə tərs mütənasibdir.

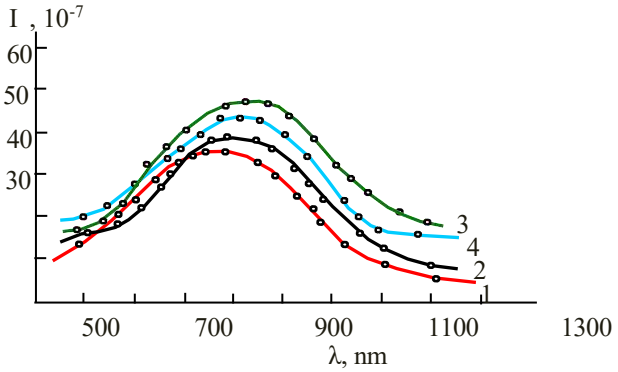
$$\vartheta = \frac{A}{d(1 - \exp(-kd))}$$

Kontaktların seçilməsində onların bircinsliyi çox vacibdir, çünki zonalara təsiri nəticəsində fotokeçiriciliyi xarakterizə edən parametrləri (ε —yaşama müddəti, β - kvant enerjisi və.s) dəyişə bildiyindən nümunələrin elektrodlar arasında uzunluğunu o qədər böyütmək lazımdır ki, kontaktların təsiri minimuma qədər azalsın. Eyni zamanda fotokeçiriciliyin zond üsulu ilə öyrənilməsi zamanı kontaktın ətrafı, işıqlanma nəzərə alınmalıdır.

$(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ (x=0.005; 0.01; 0.02; 0.035) fotoelektrik xassəsinin ölçmələrinin nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, maksimal foto cərəyanın maksimal qiyməti 2 mol % Cr_2Te_3 nümunədə müşahidə olunur. As_2Te_3 birləşməsinin tərkibinə 3,5 mol % Cr_2Te_3 əlavə etdikdə fotokeçiricilik azalır (şək.1). Bunun səbəbi yükdaşıyıcıların kompensasiyası ilə izah edilə bilər. Bu nümunələrin 500-1200 nm dalğa uzunluğunda həssas olduğu müəyyən edilmişdir. *Maksimum fotokeçiricilikdən qadağan olunmuş zolağın eni aşağıdakı düsturla hesablanmışdır:*

$$\Delta E = h\nu/\lambda = 1.24/\lambda$$

Maksimum fotokeçiricilik 830 nm dalğa uzunluğunda müşahidə olunur. Şəkil 1-dən göründüyü kimi, tərkibində 2 mol % Cr_2Te_3 olan nümunənin fotoelektrik keçiriciliyinin maksimal qiyməti bir qədər qırmızı dalğa istiqamətinə sürüşmüşdür. $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ (x=0.005; 0.01; 0.02; 0.035) bərk məhlul ərintilərinin fotoelektrik keçiriciliyinin maksimal qiyməti 900-930 nm dalğa uzunlunda dəyişir.



Şək. 1. $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ bərk məhlul ərintilərinin fotokeçiriciliyinin spektral asılılığı. 1-0,5; 2- 1,0; 3-2,0; 4-3,5 mol % Cr_2Te_3.

ƏDƏBİYYAT

1. Zhang YH, Ma YM, Geng AH et al. Pressure-induced electron phase transitions of alpha-As_2Te_3//Journal of alloys and compounds. 2016.V.685.P.551-558. DOI: 10.1016/j. jallcom.2016.05.309
2. Globus TR., Gaskill DK., Groshens T. Optical characterization of As_2Te_3 films for optical interconnects//Materials research society symposium proceedings.1998.V.486.P.391-396.
3. Uemura O., Sugawara Y., Kameda Y., Nishimiya Y., Electronic-properties of the liquid in As_2Te_3 system // Journal of Non-crystalline solids. 1993 V. 156. P. 744-747. DOI: 10.1016/0022-3093(93)90060-B
4. Thomsen C., Strait J., Vardeny Z., et al. Picosecond optical-generation and detection of phonon waves in A-As_2Te_3 //AIPConference proceedings.1984.Issue:120 Pages:102-109.
5. Kolobov A.V. J. Tominaga J. Chalcogenide glasses as prospective materials for optical memories and optical data storage // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. 2003. P. 677-680.
6. Vaney J.B., Carreaud J.et al. Thermoelectric Properties of the alpha-As_2Te_3 Crystal-line Phase // JOURNAL OF ELECTRONIC MATERIALS 2016. V. 45. № 3. P. 1447-1452. DOI: 10.1007/s11664-015-4063-3
7. Vaney Jean-Baptiste, Carreaud Julie; Delaizir, Gaelle; et al.High-Temperature Thermoelectric Properties of Sn-Doped beta-As_2Te_3 // ADVANCED ELECTRONIC MATERIALS. 2015. V. 1. № 1-2. 60-65.
8. Белов К.П., Третьяков Ю.Д., Гордеев И.В., Королева Л.И., Педько А.В., Багорова С.Д., Алферов В.А.,Саксонов Ю.Г., Шалимова М.А.Магнитные свойства халь-ко-генидных шпинелей $Cd_xCu_xCr_2S_4$, $CdCr_2Se_{4-y}$ $FeCr_2S_{4-y}$//ФТТ1973.Т.15,№ 10. С.3106-108.
9. Север Г.Н. Аномальный фотомагнитоэлектрический эффект в ферримагнитном полупроводнике $CdCr_2Se_4$ // ФТП. 1983. Т. 17. № 8. С.1505-507.
10. Шумилкин Н.С. Взаимодействие в системах Cu-In-Cr-Se(Te) в области сущес-

твования магнитных фаз с высокими температурами магнитного упорядочения (Tc). Дис. на соиск. канд. хим. наук. РАН ИОНХ им. Н.С.Курнакова. 2002. 121 с.

SYNTHESIS OF SOLID SOLUTION ALLOYS $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ AND STUDY OF THE SPECTRAL DEPENDENCE OF PHOTOELECTRIC CONDUCTIVITY

Ismailova S.Sh., Aliyev I.I., Yusubov Yu.A., Mammadova A.T., Mammaduva G.M. Suleymanova M.G.

Summary

Synthesis of alloys of the $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ system (x=0.005; 0.01; 0.02; 0.035) was carried out from As_2Te_3 and Cr_2Te_3 components in a quartz ampoule at a temperature of 600-800°C for 6 hours. The resulting samples were then heat-treated at 300°C for 150 hours. An MVP-12u monochromator with an operating range of 2000 to 25000 nm was used to study the photoconductivity of the $(As_2Te_3)_{1-x}(Cr_2Te_3)_x$ alloys. A mercury lamp and an incandescent lamp were used as light sources. As can be seen from the spectral dependence of the photocurrent for solid solutions containing 0.05; 1; 2; and 35 mol % Cr_2Te_3, the maximum photocurrent in these samples is observed at a wavelength of 920 nm. The alloy containing 2 mol % Cr_2Te_3 exhibits superior photoelectric properties.

Zn-Tb-Se ƏRİNTİLƏRİNDƏ ELEKTRON KEÇİD HADİSƏLƏRİN ÖYRƏNİLMƏSİ TƏDQİQİ

[1]Əliyev K.Ə., [1]Məmmədova S.O., [1]Sultanova A.N., [1]Şükürova G.M., [1]Əhmədov Ə.İ., [1]Əliyev S.K.

[1]Bakı Dövlət Universiteti

Mamedova-2014-mail.r@mail.ru

Açar sözlər: *Yarımkeçirici,ərinti,detektor, nadir torpaq elementi,binar birləşmə.*

Ключевые слова: *Полупроводник, сплав, детектор, редкоземельный элемент, бинарное соединение.*

Keywords: *Semiconductor, alloy, detector, rare earth element, binary compound.*

$A^{II}B^{VI}$-tipli yarımkeçirici birləşmələr və onlar əsasında ərintilər müasir elektronikanın infraqırmızı-şüalanma mənbəyi və detektoru, yüksək termoelektrik effektivliyinə malik elementlər, günəş batareyaları, yaddaş elementləri, fotohəssas elementlər və s müxtəlif oblastlarda tətbiq üçün perspektivli materiallar hesab olunurlar. A^{II} B^{VI} tipli yarımkeçirici birləşmələrgeniş qadağan olunmuş zonaya, böyük dielektrik nüfuzluğuna, nisbətən yüksək radiasiya davamlılığına malik olmaları ion rabitəsinin üstünlük təşkil etməsi kimi fundamental xarakteriskaları onların tətbiq olunma imkanlarını daha da genişləndirir.

Bu baxımdan A^{II} B^{VI} tipli binar birləşməsi olan ZnSe-nin nadir torpaq elementi ilə aşqarlanması və yaxud zəif konsentrasiyalı bərk məhlullarının alınması və onların xassələrin öyrənilməsi elmi və praktik maraq doğurur. Nadir torpaq metal(NTM) elementlərinin iştirakı ilə alınan maddələr bəzi enerji çeviricilərində, lyüminoforlarda, radiasiyaya, xarici təzyiqlərə davamlı müxtəlif növ foto və termorezistorların hazırlanmasında geniş istifadə olunur. NTE-nin elektron quruluşunda 4f səviyyəsinin tam dolmaması asanlıqla 4f-5d-6s keçidinin[1]baş verməsi və atomların 4f səviyyəsində mütəhərrik elektronların hesabına dəyişkən valentlik

yaranması onların iştirakı ilə alınan materialları maraqlı tədqiqat obyektinə çevirir. Təqdim olunan işdə A^{II} B^{VI} tipli binar[2] birləşmələrdən olan ZnSe-nin nadir torpaq elementindən Tb aşqarlandıqda alınan bərk məhlulların elektrofiziki xassələrinin formalaşmasında elektron proseslərinin rolu araşdırılmış və ümumiləşmə aparılmışdır.

Tb atomu təcrid olunmuş halda iki cür elektron spektrinə malik olur-$4f^{8}5d^{16}s^{2}$ və $4f^{9}5d^{0}6s^{2}$. Məlumdur ki, NTE-atomunda 4f orbitalı statistik olaraq $4f^{0}$,$4f^{7}$,$4f^{14}$ davamlı elektron konfqurasiyalarını əmələ gətirirlər. Həm də 4f orbitalı bilavasitə kimyəvi rabitədə iştirak etmir. Onların kimyəvi rabitədə iştirak etməsi $4f^{n}>4f^{n-1}5d^{1}$ formasında f-d keçidi nəticəsində baş verir və nəticədə (d+s) elektronları valentlikdə iştirak edir.

Zn atomlarının qismən Tb atomları ilə əvəz edilməsi materialın yarımkeçirici xassəsinə malik olmasına nəinki mane olur, hətta Zn atomunun p-orbitalına da daxil olaraq qismən hibridləşməsini gücləndirir. $Zn_{1-x}Tb_xSe$ (0.01və 0.06) ərintilərində yarımkeçirici xassəsi saxlanılır. Mövcud olan ion-kovalent rabitəsi kovalent rabitənin hesabına güclənir və elektronlar lokal səviyyəyə keçir. Bu isə keçiriciliyin həm tipinin dəyişməsinə (p-n) həm də konsentrasiyanın azalmasına səbəb olur. Aparılan tədqiqatda ZnSe birləşməsindən onun Tb-la olan $Zn_{1-x}Tb_xSe$(x=0.01 və 0.06) bərk məhlullarına keçdikdə keçiriciliyin tipinin dəyişməsi və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalması müşahidə olunur. $Zn_{1-x}Tb_xSe$(x=0.01 və 0.06) kristallarını qamma şüalarla müəyyən dozada şüalandırdıqda eyni zamanda iki proses baş verir. Kristalda nöqtəvi Frenkel deffektlərinin konsentrasiyası artır, digər tərəfdən qamma şüalarının təsiri ilə f-d keçidi asanlaşır. Başqa sözlə tərkibində yükdaşıyıcıların konsentrasiyası azalır. Yəni, sp^{3} əsasında lokallaşma artır. Digər tərəfdən f-d keçidi nəticəsində 4f konfqurasiyası[3] statistik çəkisi artır.

NƏTİCƏ: Zn-Tb-Se sistemi ərintilərində elektron keçid hadisələri əsasən aşağıdakı mexanizmlərlə izah olunur: 4f-4f daxili keçidlər (Tb^{3+} ionlarında, 4f-5d keçidləri ötürülməsi) Qadağan olunmuş zonada donor-akseptor səviyyələri və elektron-ion qarşılıqlı təsiri ətraflı öyrənmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. R.Kumar, S.Singh "Electronic structure and gap tuning in rare-earth chalcogenide" Journal of Electronic Materials, 2020, 49, pp.4123-4130.

2. V.K.Tikhomirov et al "Energy transfer processes in rare-earth doped II-VI semiconductors" Progress in Materials Science, 2021 ,120, 100761.

3. H.Li et al " Luminescence dynamic and 4f-4f transitions of Tb^{3+} doped ZnSe quantum dosts" Optical Materials, 2022, 127, 112300

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕРЕХОДОВ В СПЛАВАХ СИСТЕМЫ Zn–Tb–Se

Алиев К.А., Мамедова С.О, Султанова А.Н., Шукюрова Г.М, Ахмедов А.И, Алиев С.К.

Резюме

В работе исследованы электронные переходы и электрофизические свойства сплавов $Zn_{1-x}Tb_xSe$ (x=0.01 и 0.06), полученных легированием ZnSe тербием. Установлено, что введение Tb приводит к изменению типа проводимости и снижению концентрации носителей заряда, что связано с локализацией электронов и активацией f–d переходов. Под действием γ-излучения возрастает концентрация дефектов

Френкеля и усиливаются электронные процессы. Показана перспек-тивность применения системы Zn–Tb–Se в полупроводниковых приборах.

STUDY OF ELECTRON TRANSITION PHENOMENA IN Zn–Tb–Se ALLOYS

Aliyev K.A., Mammadova S.O., Sultanova A.N., Shukurova G.M., Ahmadov A.İ., Aliyev S.K.

Summary

This work investigates electron transitions and electrophysical properties of $Zn_{1-x}Tb_xSe$ (x = 0.01 and 0.06) alloys obtained by doping ZnSe with Tb. It was found that Tb incorporation changes the conductivity type and reduces charge carrier concentration due to electron localization and activation of f–d transitions. Gamma irradiation increases Frenkel defects and enhances electronic processes. The results indicate the potential of Zn–Tb–Se systems for semiconductor device applications.

Zn-Tb-Se ƏRİNTİLƏRİNDƏ ELEKTRON KEÇİD HADİSƏLƏRİN ÖYRƏNİLMƏSİ TƏDQİQİ

Əliyev K.Ə., Məmmədova S.O., Sultanova A.N., Şükürova G.M.,Əhmədov Ə.İ., Əliyev S.K.

Xülasə

Bu işdə ZnSe birləşməsinin Tb ilə aşqarlanması nəticəsində alınmış $Zn_{1-x}Tb_xSe$ (x=0.01 və 0.06) ərintilərində elektron keçid hadisələri və elektrofiziki xassələr tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, Tb qatılması keçiriciliyin tipinin dəyişməsinə və yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının azalmasına səbəb olur. Bu isə elektronların lokallaş-ması və f–d keçidlərinin aktivləşməsi ilə izah olunur. Qamma şüalanma nəticəsində Fren-kel defektləri artır və elektron prosesləri güclənir. Alınmış nəticələr Zn–Tb–Se sistemlərinin yarımkeçirici cihazlarda tətbiq perspektivini göstərir.

OBTAINING SYNTHETIC WINE STONES

[1]*Chkheidze S.,* [1]*Baramia M.,* [1]*Bolqvadze N.,* [1,2]*Tsintsadze M.*

nona.bolkvadze@gtu.ge

[1] Georgian Technical University, Georgia. 0175. Tbilisi.

[2]I.Javakhishvili Tbilisi State University R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry Georgia. 0186. Tbilisi

Every wine contains tartaric deposits, commonly known as wine stone, which accumulate on the walls of the vessel or pitcher in which the wine is stored. Wine stone consists of complex compounds formed through the interaction of potassium and calcium tartrate salts (tartrates) with phenolic constituents naturally present in wine. Since different grape varieties exhibit distinct concentrations of tannins and phenolic pigments, the wine stone produced during their fermentation varies in both composition and coloration.

Natural wine-stone crystals were obtained by recrystallizing deposits collected from Qvevri vessels. In parallel, a laboratory model of the reactions occurring inside the Qvevri was developed. Calcium tartrate serves as the key complex-forming component, since the calcium cation readily generates tartaric complexes with various wine pigments - such as tannins, flavonoids, and catechins - that possess electron-donating functional groups. Accordingly, the reagents selected for the synthetic procedure included calcium chloride, the potassium–sodium salt of tartaric acid (Seignette salt), and gallic acid (tannic acid), while NH_4OH was employed to adjust the reaction medium. The complexation reaction yielded brownish-purple crystals, analogous to naturally occurring wine stone pigments.

The physicochemical properties of both natural and synthetic wine stones were investigated, and both types of materials were subsequently utilized in the fabrication of Georgian national souvenirs.

$Ag_2S–In_2S_3–FeS$ KVAZİÜÇLÜ SİSTEMİNİN LİKVİDUS SƏTHİNİN PROYEKSİYASI

Bəxtiyarlı İ.B., Abdullayeva Ş.S., İsmayılova E.N., Hüseynova Ş.B.
ARETN, Kimya İnstitutu

Açar sözlər: *Kvazibinar, evtektika, komponent, likvidus, kristallaşma, konqruent, detektor.*

Keywords: *Quasi-binary, eutectic, component, liquidus, crystallization, congruent, detector.*

Ключевые слова: *Квазибинарный, эвтектический, компонент, ликвидус, кристаллизация, конгруэнтный, детектор.*

GİRİŞ

Gümüş və indiumun xalkogenidləri, xüsusilə də bu elementlərin maqnit ionları ilə üçlü birləşmələri, onlar əsasında bərk məhlullar müasir elektron texnikasının və digər yüksək texnologoyaların ən mühüm funksional materialları sırasına daxildir.Bu materialların bir çoxu maraqlı fotoelektrik, optic, termoelktrik, maqnit və katalitik xassələrinə malik olub, elektron sənayesində istifadə üçün perspektivli sayılır [1-4].

$AgInS_2$, $AgIn_5S_8$ və $FeIn_2S_4$ qeyri-ənənəvi yarımkeçirici materiallar olub həm optik, həm də elektrik xüsusiyyətləri ilə müasir texnologiyalarda mühüm tətbiq sahələri tapmışdır. Bu tətbiq sahələri, xüsusi ilə yüksək fotovoltaik xüsusiyyətlər bu birləşmələrə nanoölçülü optoelektronika sistemlərində böyük perspektivlər vəd edir. Bu materialların yüksək temperatur və elektrik sahələri altında sabit işləmə xüsusiyyətləri, onları tranzistorlar, diodlar, sensorlar, digər yarımkeçirici komponentlər üçün əlverişli edir [5-7].

Bu baxımdan təqdim olunan işdə, elmi və praktiki baxımdan aktual hesab edilən,

$Ag_2S–In_2S_3–FeS$ kvaziüçlü sistemində baş verən kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakterinin müəyyən edilmiş, likvidus səthininproyeksiyası qurulmuşdur.

Təcrübi hissə

İlkin komponentlər havasızlaşdırılmış kvars ampulada iki zonalı maili sobada birbaşa metodla sintez edilmişdir. Fe (reduksiya olunmuş), In (000), Ag (99,9 wt. %), və S (99,9999 %) istifadə edilmişdir. Stexiometrik miqdarda uyğun komponentlərdən təşkil olun-muş nümunələr də eyni metodla hazırlanmışdır. FeS və FeS zəngin ərintilər qrafit-lənmiş qalın divarlı ampulada və ya stekloqrafit buta yerləşdirilmiş kvars ampulada sintez edilmişdir. Ampula sobaya yerləşdirilir və temperatur materialın ərimə temperaturundan 30–40 °C-ə qədər tədricən artırılır; həmin temperaturda nümunə 3 saat sintez olunur. Sonra nümunə tədricən soyudulur və homogenləşdirmə üçün likvidusdan 50 °C aşağı tempe-raturda 200 saat termiki emal edilir.

Sintez olunmuş nümunələrin bircinsliyi differensial termiki (DTA), rentgenfaza (RFA), mikroquruluş (MQA) analizləri və mikrobərkliyin və sıxlığın ölçülməsi metodları ilə tədqiq edilmişdir.

Müzakirələr

Sistem üzrəbəzi politermik kəsiklərin və bu kəsiklər üzərinə düşməyən bir neçə nümunələrin tədqiqinə əsasən $Ag_2S–In_2S_3–FeS$ üçlü sistemin likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur (şəkil). Şəkildən görünür ki, bu sistemin likvidus səthinin proyeksiyasında 5 ilkin kristallaşma sahəsi möcuddur ki, onlar da bir-birindən 6 monovariant əyri ilə sərhədlənir. Monovariant tarazlıq əyriləri kəsiklərdə ilkin kristallaşma əyrilərinin kəsişmə nöqtəsinə görə qurulmuş, onun istiqaməti isə nonvariant tarazlıq nöqtələrinə və qatılıq üçbucağının yan tərəflərinə çəkilən monovariant tarazlıq əyrilərinin proyeksiyalarına görə ekstrapolyasiya edilmişdir.

Sistemdə mövcud olan 10 nonvariant tarazlığın yeddisi üç fazalı ikili evtektik, biri üç fazalı ikili peritektik, biri dörd fazalı üçlü peritektik və biri dörd fazalı üçlü evtektik tarazlıqdır. Aşkar edilən şpinel quruluş tipində kubik sinqoniyada kristallaşan τ –bərk məhlul sahəsi proyeksiyada böyük sahəni əhatə edir.

Likvidus səthinin proyeksiyasında izotermalar hər 100 K – dən bir qrafik interpolyasiya yolu ilə çəkilmişdir. Birgə kristallaşmanı xarakterizə edən monovariant tarazlıq əyrilərinin istiqaməti və nonvariant tarazlıq nöqtələrinin xarakteri $Ag_2S–In_2S_3–FeS$ üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyasının həndəsi parametrlərinə uyğundur.

Nətıcələr

$Ag_2S–In_2S_3–FeS$ kvaziüçlü sistemi politermik kəsiklər üzrə tədqiq edilmiş və lik-vidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur. Məlum olmuşdur ki, sistemdə beş ilkin kris-tallaşma sahəsi mövcuddur ki, onlar da bir birilə altı monovarinat əyri ilə sərhədlənir. Sis-temdə mövcud olan on nonvariant tarazlığın yeddisi üç fazalı ikili evtektik, biri üç fazalı ikili peritektik, biri dörd fazalı üçlü peritektik və biri dörd fazalı üçlü evtektik tarazlıqdır. Aşkar edilən şpinel quruluş tipində kubik sinqoniyada kristallaşan τ –bərk məhlul sahəsi proyeksiyada böyük sahəni əhatə edir. Bu bərk məhlul və əmələ gələn üçlü birləşmələr fotoelektrik, maqnit xassəsi ilə elektron sənayesində istifadəsi üçün perspektivli ola bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Melnikova, N.V., Saipulaeva, L.A., Khokhlachev, P.P. et al. Effect of pressures on the electrical properties of multicomponent copper and silver chalcogenides. Phys. Solid State 57, 2025–2029 (2015). https://doi.org/10.1134/S1063783415100200
2. Siphamandla C. Masikane and Neerish Revaprasadu /Indium Chalcogenide Nanomaterials in the Forefront of Recent Technological Advancements// Transition metals 2020 p.1-18 DOI:10.5772/intechopen.94558
3. S.V. Trukhanov, I.V. Bodnar , M.A. Zhafar Magnetic and electrical properties of $(FeIn_2S_4)_{1-x}(CuIn_5S_8)_x$ solid solutions Journal of Magnetism and Magnetic MaterialsV. 379, 1 April 2015, Pages 22-27
4. Kong M., Osvet A., Brabec C. J. və b. $AgIn_5S_8$/ZnS Quantum Dots for Luminescent Down-Shifting and Antireflective Layer in Enhancing Photovoltaic Performance. ACS Applied Materials & Interfaces, 2023, 15, 52746–52753.
5. Wang L, Guan Z, Tang A. Multinary copper-based chalcogenide semiconductor nanocrystals: Synthesis and applications in light-emitting diodes and bioimaging. Journal of Nanoparticle Research. 2020;22:1-20. DOI: 10.1007/s11051-019-4724-x
6. B. Bakhtiyarly, R. J. Kurbanova, Sh. S. Abdullaeva, Z. M. Mukhtarova, F. M. Mammadova Liquidus surface of the quasi-ternary system $Cu_2S–In_2S_3–FeS$ // Condensed Matter and Interphases. 2021;23(1): 16–24. https://doi.org/10.17308/kcmf.2021.23/3293
7. Ismailova E. N., Mashadiyeva L. F., Bakhtiyarly I. B., Babanlı M. Phase equilibria in the $Cu_2SnSe_3 –Sb_2Se_3 –Se$ system. Condensed Matter and Interphases, vol.25, no.1, pp.47-54, 2023. Doi: 10.17308/kcmf.2023.25/10973

Abstract

The $Ag_2S–In_2S_3–FeS$ quasi-ternary system was investigated along polythermal sections using differential thermal analysis, X-ray phase analysis, microstructure studies, and measurements of microhardness and density. The chemical interactions in the system were established, and the phase diagrams and liquidus surface projection were constructed. Coordinates of non-variant points, monovariant curves, primary crystallization fields, and isotherms were determined.

The system contains five primary crystallization fields bounded by six monovariant curves. Among ten non-variant equilibria, seven are three-phase binary eutectic, one is three-phase binary peritectic, one is four-phase ternary peritectic, and one is four-phase ternary eutectic equilibrium.

Аннотация

Квазитройной система $Ag_2S–In_2S_3–FeS$ была исследована по политермическим сечениям с использованием дифференциального термического анализа, рентгенофазового анализа, изучения микроструктуры, а также измерения микротвердости и плотности. Были установлены химические взаимодействия в системе, построены фазовые диаграммы и проекция поверхности ликвидуса. Определены координаты нонвариантных точек, моновариантных кривых, границ областей первичной кристаллизации и изотерм.

Система содержит пять областей первичной кристаллизации, ограниченных шестью моновариантными кривыми. Среди десяти нонвариантных равновесий семь являются трёхфазными бинарными эвтектическими, одно — трёхфазным бинарным

перитектическим, одно — четырёхфазным тройным перитектическим и одно —четы рёхфазным тройным эвтектическим равновесием.

KOLONKALI XROMATOQRAFİK ÜSULLA PROPİLEN İOKSİDİNİN OPTİKİ İZOMERLƏRİNİN AYRILMASI

Hüseynova P.F., Həsənov X.N.
Gəncə Dövlət Universiteti
huseyn.peri. 1969@mail.ru

Açar sözlər: *Kraun efir, propilen oksidi, kolonkalı xromatoqrafiya, optiki aktivlik, S-enantiomer, diasteriomer, makrotsikl.*

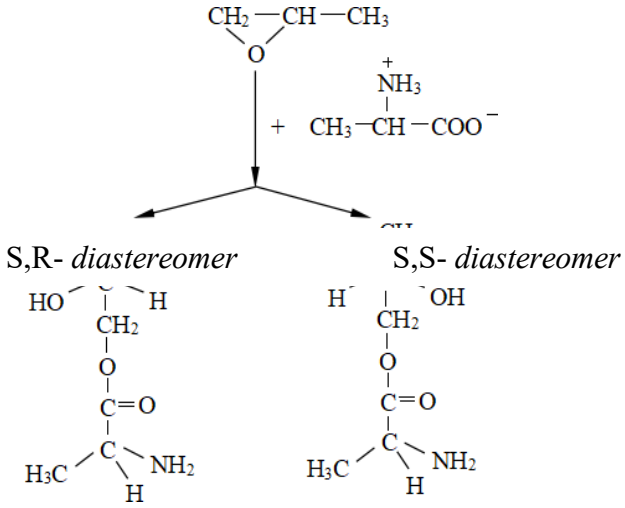
Ключевые слова: *Краун-эфир, оксид пропилена, колоночная хроматография, оптическая активность, S-энантиомер, диастереомер, макроцикл.*

Keywords: *Crown ether, propylene oxide, column chromatography, optical activity, S-enantiomer, diastereomer, macrocycle.*

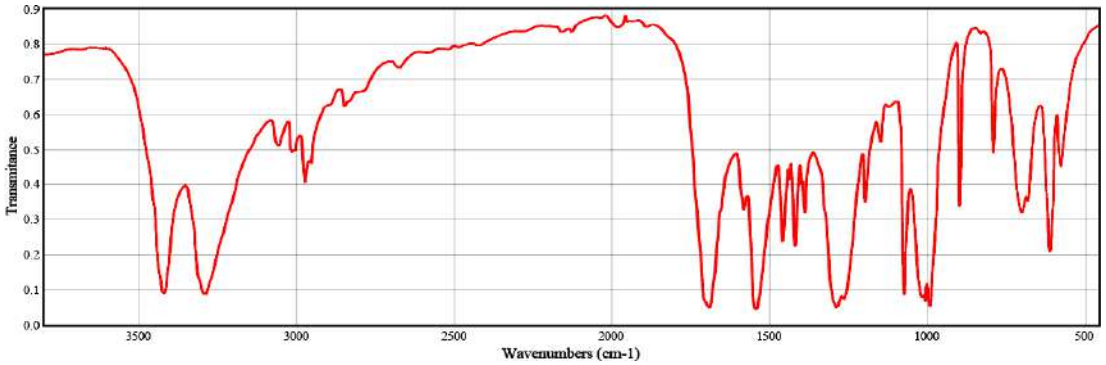
Propilen oksidinin L-alanin efiri rasemik qarışığının kolonkalı xromatoqrafiya üsulu ilə fərdi diasteriomerlərə ayrılması həyata keçirilmişdir. Xromatoqrafik kolonkada adsorbent olaraq kimi 6-qlisidiloksi-2,3,9,10-dibenzo-16-kraun-5-in tetrameri tətbiq edilmişdir. Alınmış fərdi diasteriomerlər hidroliz yolu ilə fərdi enantiomerlə çevrilmişdir. Enantiomerlərin tərkib və quruluşları fiziki-kimyəvi üsullarla təsdiq edilmişdir.

Problemin aktuallığını nəzərə alaraq, tərəfimizdən propilen oksidinin rasemik qarışığının L(S)-alaninlə çevrilmələrinin yeni sxemi işlənib hazırlanmışdır. Bu çevrilmə oksiran halqasının əvəz olunmayan tərəfindən Krausski qaydasına əsasən spesifik açılmasına əsaslanır. Oksiran halqasının bu cür selektiv açılması nəticəsində iki diastereomerin (S,S- və S,R-) qarışığı əmələ gəlir. Bu diastereomerləri ayırmaq üçün xromatoqrafik üsuldan istifadə olunur. Adsorbent kimi 6-qlisidiloksi-2,3,9,10-dibenzo-16-kraun-5-in tetrameri götürülür. Bu məqsədlə tetramer pemzanın səthində oturdula-raq xromatoqrafik kolonkaya doldurulur. Diastereomerlərin qarışığı propilen oksidinin L(S)-alaninlə dioksanda məhlunda reaksiyası nəticəsində alınır. Diastereomer qarışığın ümumi çıxımı 40 % təşkil edir.

Rasemik S,R və S,S diastereomerlərin infra-qırmızı spektrlərindən göründüyü kimi, hidroksil qrupunun valent titrəmələrinə xas olan udma zolağı mərkəzi ≈3410 sm^{-1} –də olan bir qədər genişlənmiş intensiv udma zolağı şəklində, birli aminlərdə N–H rabitələrinin



asimmetrik və simmetrik valent titrəmələrinə xas olan udma zolaqları ν_s=3290 sm^{-1} və ν_{as} = 3350 sm^{-1}–də görünür.



Şəkil 1. *Propilen oksidinin L(S)-alanin efirinin rasemik qarışığının İQ spektri*

Müşahidə olunan ikinci udma zolağı (ν_{as}=3350 sm^{-1}) OH-qrupunun udma zolağı ilə üst-üstə düşdüyündən görünmür. Mürəkkəb efir fraqmentinə xas olan intensiv udma zolağı 1710 sm^{-1} müşahidə olunur. Birli aminlərdə N–H rabitələrinin deformasion titrəmələrini səciyyələndirən udma zolağı 1595 sm^{-1} və 890 sm^{-1}-də müşahidə olunur. C – O valent titrəmələrinə xas olan intensiv udma zolağı 1100 sm^{-1}–də, rasemik diastereomerə uyğun olan 2 C-N rabitəsinin valent titrəmələrinə xas olan iki udma zolağını 1245 sm^{-1}və 1250 sm^{-1}–də bir-birinə çiyin vəziyyətdə görürük.

Alınmış rasemik qarışıq kolonkalı xromatoqrafiya üsulu ilə fərdi S,R- və S,S-diastereomerlərə ayrılır. Bu metodla əlaqədar olaraq, xromatoqrafik kolonkaya üzərində oliqomer kraun efir oturdulmuş pemza doldurulur. Diastereomerlər qarışığı dixlormetanda həll edilərək xromatoqrafik kolonkaya keçirilir. Fərdi diastereomerlər metilenxloridlə kolonkadan sıxışdırılır. Metilenxlorid bu proses üçün optimal elyüent sayılır. Xromatoqrafik kolonkadan ilk olaraq ərimə temperaturu 42°C olan (2.26) S,R-diastereomeri çıxır. Daha sonra kolonkadanqatı maye şəklində S,S-diastereomer çıxır.

Cox maraqlıdır ki, S,R- və S,S-diateriomerlər oliqomer kraun efirin boşluğunda müxtəlif qüvvə ilə tutulurlar. Adsorbent kimi oliqomer kraun efirdən istifadə olunr. Adsorbent kimi göstərilən oliqomer birləşmə ayrı-ayrı S,R- və S,S-diastereomerlərin hidroksil qrupunun hidrogenini hidrogen rabitəsi vasitəsilə özünə birləşdirir. Adsorbentin enantiomeri özünə birləşdirmə qüvvəsi onların quruluşlarından asılı deyildir. Bu, adsorbentin enantiomerləri öz boşluğunda yerləşdirmə qabiliyyətindən asılıdır [2].

EKSPERİMENTAL HİSSƏ

Propilen oksidinin enantiomerləri rasematının diastereomer qarışığa çevrilməsi

19 q (0,2 mol) L(S)-alanin 150 ml propilen oksidlə qarışdırılır, qalıq homogen məhlul alınana qədər qaynadılır. Efirləşmə reaksiyasının başa çatması “Sulifol” lövhəsi vasitəsi ilə təyin olunur. Reaksiyanın sonu L(S)-alaninin tam çevrilməsi ilə təyin olunur. Sonra propilen oksidinin artığı qovulur, qalıq dixlormetanın minimal miqdarı ilə qaynama temperaturunda ekstraksiya olunur. Ekstraktdan dixlormetanın 1/2 hissəsi qovulub ayrılır. Ekstrakt saxlanıldıqda ondan diastereomerlərinin qarışığı çöküb ayrılır. Çıxımı 17 q olan diastereomer qarışığın ərimə temperaturu 177-179° C–dir.

Birləşmənin tərkibi element analizi vasitəsilə təyin olunur. Element analizin nəticələri aşağıdakılardan ibarətdir:

Tapılıb , %: C 55,24; H 9,65; N 10,81. $C_6H_{13}O_2N$.

Hesablanıb , %: C 54,96; H 9,92; N 10,69.

Propilen oksidinin L(S)-alanin efirinin diastereomerləri qarışığının xromatoqrafik kolonkada fərdi diastereomerlərə ayrılması

Xromatoqrafik kolonkaya 17 q propilen oksidinin L(S)-alanin efirinin diastereomerlərinin qarışığı elyuentdə (dixlormetanda) həll edilərək tökülür. Sonra elyuentin damcı qıfı vasitəsilə əlavə olunması davam etdirilir. Xromatoqrafiya prosesinə "Sulifol" lövhəsi ilə nəzarət edilir. Kolonkadan propilen oksidinin L(S)-alanin efirinin diastereomerləri dixlormetan məhlulu şəklində çıxır. Hər iki nümunədən dixlormetan qovulur, qalıq kristallik maddələrin nümunələrdə ərimə temperaturları 158-163°C və 169-173°C-dir. Alınmış kristallik maddələr-propilen oksidinin L(S)-alanin efirinin diastereomerləri dixlormetan və dioksan həlledicilərindən yenidən kristallaşdırılır. Birinci kristal nümunəsi çöküb ayrıldıqdan sonra161-162°C-də əriyən kristal alınır. İkinci fraksiyadan 170-171°C-də əriyən kristallar ayrılır.

ƏDƏBİYYAT

1. A.Huseynzada, M. Aghayev, P. Huseynova Synthesis, nanostructuring and in silico studies of a new imine bond containing a macroheterocycle as a promising PBP-2a non-b-lactam inhibitor. Journal of Materials Chemistry B 2023 Aug 30;11(34):8271-8280., P.2-7. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37581615/
2. U.A.Hasanova, A.R.Aliyev, P. F. Huseynova. Functionalization of surgical meshes with antibacterial hybrid Ag@crown nanoparticles. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 2022, vol 17, NO 1, pp 11-19
https://chalcogen.ro/index.php/journals/digest-journal-of-nanomaterials andbiostructures

РАЗДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ИЗОМЕРОВ ОКСИДА ПРОПИЛЕНА МЕТОДОМ КОЛОНОЧНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Гусейнова П. Ф., Гасанов Х. Н.

Резюме

Разделение рацемической смеси оксида пропилена с L-аланиновым эфиром на отдельные диастереомеры проводилось методом колоночной хроматографии. В качестве адсорбента в хроматографической колонке использовался тетрамер 6-глицидилокси-2,3,9,10-дибензо-16-краун-5-ина. Полученные отдельные диастереомеры были превращены в отдельные энантиомеры путем гидролиза. Состав и структуры энантиомеров были подтверждены физико-химическими методами.

SEPARATION OF OPTICAL ISOMERS OF PROPYLENE OXIDE BY COLUMN CHROMATOGRAPHY

Huseynova P. F., Hasanov Kh. N.

Summary

Separation of a racemic mixture of propylene oxide and L-alanine ester into individual diastereomers was performed by column chromatography. The tetramer of 6-glycidyloxy-

2,3,9,10-dibenzo-16-crown-5-yne was used as the adsorbent in the chroma-tography column. The resulting individual diastereomers were converted into individual enantiomers by hydrolysis. The composition and structures of the enantiomers were confirmed by physicochemical methods.

USING OPTICALLY ACTIVE CHIRAL CROWN ETHER AS AN ADSORBENT İN COLUMN CHROMATOGRAPHY

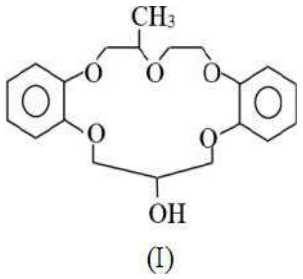
Huseynova P.F., Hasanov X.N.
Ganja State University
huseyn.peri. 1969@mail.ru

Keywords: *Enantiomers, diastereoisomer, chromatography, eluent, chirality, crown ether.*

Ключевые слова: *Энантиомер, диастереомер, колоночная хроматография, эльюент, краун-эфир.*

Açar sözlər: *Enantiomer, diastereomer, , kolonkalı xromatoqrafiya, elyuent, xirallıq, kraun efir.*

In order to use in the chromatographic column in the separation process of racemic mixture synthesized having an asymmetric carbon atom crown ether, which was separated by chromatographic method. The resulting S-enantiomer of the crown ether has been used as an adsorbent in separation processes of racemate of L-alanine ester of phenamine into indi-vidual diastereoisomers. The separated diastereoisomers were converted into enantiomers by hydrolysis. The structure enantiomers was investigated by physical - chemical metods.



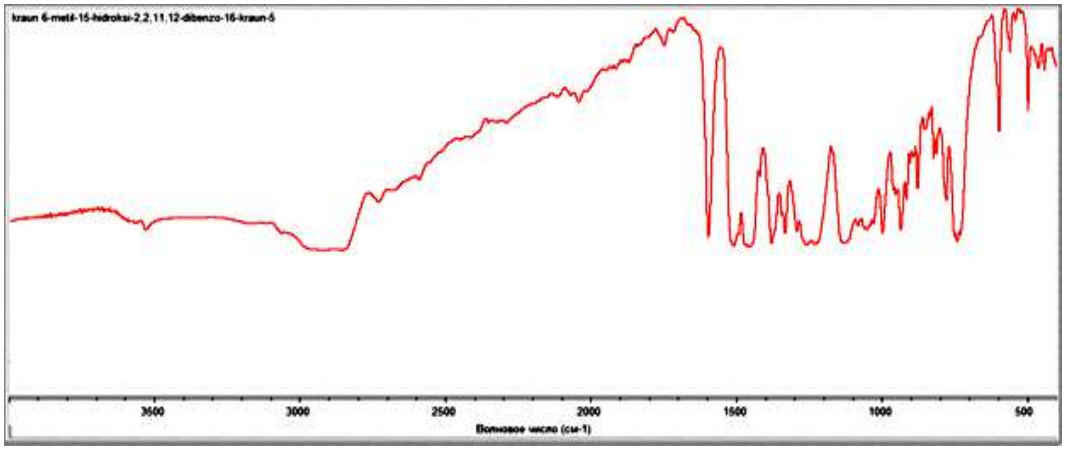
(I)

The essence of the proposed method lies in the fact that in the mixture antipodes turn into the corresponding salts of diastereoisomer [1]. For this purpose, the optical antipodes mixture affects optically active S-alanine. S-alanine pretreated with hydrochloric acid and converted to its chloride salt. Taking into account the above-mentioned points in the process of chroma-tographic separation of alkylaromatic amines for the first time we applied the enantiomer of crown ether synthesize, as optically active adsorbent. For this purpose, racemic mixture of L(S) -alanine of the crown ether has been separated into the individual diastereoisomers (R,S- and S,S-) by column chro-matography [2]. Individual diastereoisomers had been subjected to hydrolysis and obtainned S- and R- enantiomers of crown ether. In order to use the resulting S-enantiomer of the crown ether as an adsorbent, it is implanted to the surface of silica gel (MSK) and filled in a glass column with dimensions 10×300mm. The thickness of the adsorbent layer should be 200 mm.

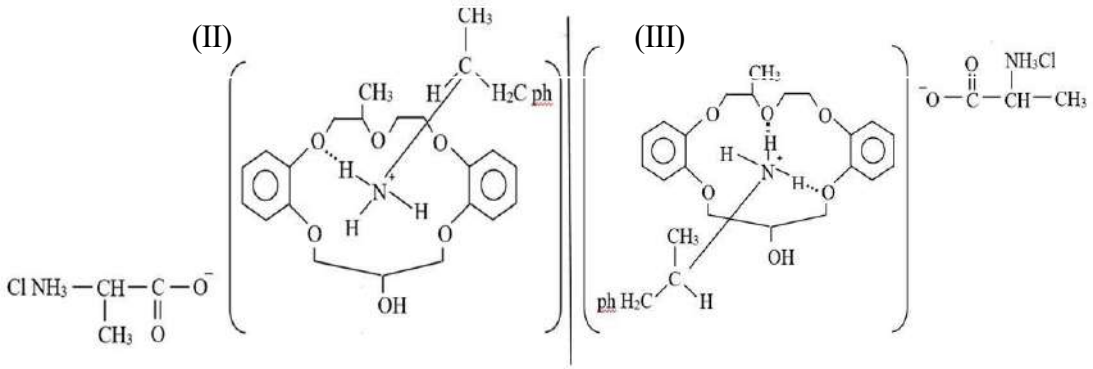
Aqueous-alcoholic solution(1:2)of the diastereoisomers racemate of the L(S)- alanine ester of phenamine passesthroughthe surface of the adsorbent in achromato graphic column The mechanism of action of S-enantiomer of crown ether as the adsorbent lies in the fact that the hydrogen bond keeps the diastereoisomers by column chromatography in the cavities with differe nt forces. Since the R,S-diastereoisomers poorly retained in the cavities of a crown ether (III), it comes first from the column.

S,S-diastereoisomer is held by adsorbent strongly (II), remains in the column, by washing with the eluent from the column comes easily.

As eluent it was taken aqueous-alcoholic solution (1:10). Diastereoisomers (R,S and S,S) are hydrolyzed with a basic medium to give the corresponding individual R- and S- Enantiomers of phenamine [3]. The structures of the enantiomers was confirmed IR-NMR spectra.



IR-spektrum of S-enantiomer of 1,2,10,11-dibenzo-5-methyl-14-hydroxy-16-crawn-5.



Experimental part

Obtaining of L-alanine ester of phenamine. The ammonium salt of L(S)-alanine in an amount -12,5g, 1-phenyl-2-aminopropane in an amount 13,5 g (0,1 mol) and 100 ml ethyl alcohol mixed and boil in a flask with a reflux condenser. Then the alcohol removed under vacuum and obtained mixture of the diastereoisomers.

Temperature of sublimation and yield of mix are respectively equal 270° C, 98%. Results of elemental analysis of diastereoisomers mixture :

Founded,%: C 55,32; H 8,03; N 10,81; Cl 13,59. $C_{12}H_{21}N_2O_2Cl$.

Calculated,% : 55,28%; H 8,06; N 10,75; Cl 13,63.

On chromatographic stand "Sulifole" confirmed that the selected sample for analysis consists of mixture of two isomers.

Separation of mixtures of diasteriomers by chromatographyc mefhod. Mixture of diastereoisomers in an amount -6.6 g dissolved in aqueous-alcoholic solution (3: 1). The resulting solution was passed through a glass chromatography column size 300×10 mm.

Chromatographic column is prepared in advance for this purpose. The column is filled with the silica gel brand of MSK on the surface which deposited optical-ly active crown ether (I) by means of benzene is used. The process of separation process in the chromatographic column is controlled on the shield "Sulifol". The first comes from the column diastereoisomer

with yield of 2,1g. This isomer is not destroyed and does not melt. At high temperatures, it sublimates.

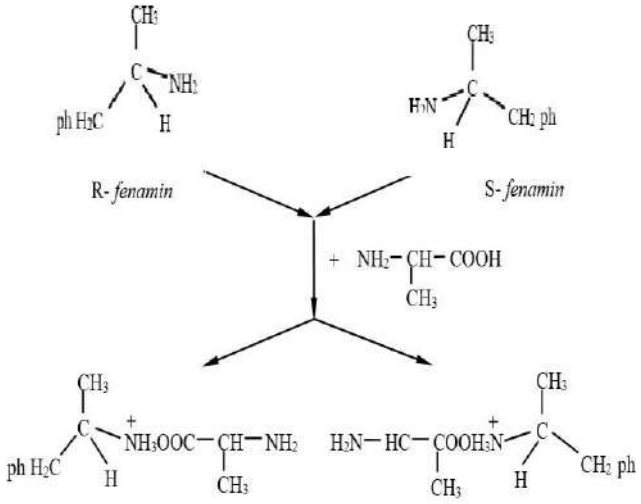
Elemental analysis of diastereoisomer and its results are as follows:

Founded, %: C 55,41; H 8,09; N 10,84; Cl 13,35. $C_{12}H_{21}N_2O_2Cl$.

Calculated, %: C 55,28. H 8,06; N 10,75; Cl 13,63.

The yield of the second diastereoisomer is 18%. The obtained product is a crystal of white color and in a form of crystals doesn't differ from crystals of the diastereoisomer. It does not melt, is not destroyed and easily sublimates. The element analysis results of this diastereoisomer is as follows: Founded, %: C 55,34; H 8,02; N 10,83; Cl 13,61. $C_{12}H_{21}N_2O_2Cl$.

Calculated,



%; C 55,28. H 8,06; N 10,75; Cl 13,63;

(IV) S,R-*diastereomer* (V) S,S-*diastereomer*

Hydrolysis of R,S-diastereoisomer. Diastereoisomer in an amount -6.6g dissolved in water and to obtained solution add the sodium hydroxide solution (1.0 mol) until reaching pH = 11. After cooling, the solution is extracted with toluene Toluene is distilled in a vacuum and 1-phenyl-2-aminopropan with a yield of 57% and with the boiling temperature of of 201-202°C turns out. Physical and chemical indicators of the obtained compounds don't differ from provided in literature [4].

CONCLUSİON

Adsorbents with high selectivity (methyl and hydroxy substituted crown ethers) were synthesized, in order to use them in the method of column chromatography for separation of optical isomers. The chiral crown ether, containing the asymmetric carbon atom in macrocyclic ring, was divided in enantiomers and was applied in chromatographic column as optically selective adsorbent.

It was developed the method of the separation of phenamine, which have practical significance, to optical isomers by column chromatography. The racemic enantiomers of the compounds were converted into the mixture of diastereomers by sewing the L(S)-alanine to them and were separated to individual diastereomers by applying the corresponding adsorbent. The chromatographic separation ocurred due to the formation of the complexes of

different stability between diastereomers and optically selective adsorbents via “host-guest” principle. Diastereomers were turned into individual enantiomers by hydrolysis and reduction reactions. The structure of synthesized crown ether and separated enentiomers was investigated by NMR, mass-, FTIR spectroscopy methods. The optical induction of enantiomers has been determined in the AUTOPOL III polarimeter.

REFERENCES

1. Steed, J.W.,Atwood, J.L.: Supramolecular chemistry. 2nd edition, Chapter 1.7, pp. 27–38, Wiley, Hoboken (2009). ISBN: 978-0- 470-51233-3

2. Hasanova M.M, Huseynova P.F, Hasanova U.A, Gahramanova Z.O. Physiolo-gically active amines Separation into optical isomers. Azer. Chem. J. 2009, № 2. p. 88-9

3. Hasanova U.A., Ramazanov M.A., Maharramov A.M., Gakhramanova Z.O., Huseynova P.F. The functionalization of magnetite nanoparticles by hydroksyl substituted diazacrown ether, able to mimic natural siderophores, and investigation of their antimicrobial activity // Juornal of Inclusion Phenomena and Macrocyclyc Chemistry, Springer, 2016, vol. 85, pp.19-25. ISSN 1388-3127, doi:10/1007/s10847-016-0636-x.

4. Assadov M.M., Hasanova M.M, Huseynova P.F, Shabanov A.L. Chromatographic method of separating the chiral structures of the racemic mixture by the principle "host-guest". Moscow, Encyclopedia of chemical engineering, 2012, № 10. p. 2-4

OPTİKİ AKTİV KRAUN EFİRİN KOLONKALI XROMATOQRAFIYADA ADSORBENT KİMİ TƏTBİQİ

Hüseynova P.F., Həsənov X. N.

Xülasə

Rasemik qarışığın xromatoqrafik kolonkada ayrılması prosesində istifadə etmək üçün asimmetrik karbon atomuna malik xromatoqrafik metodla ayrılmış kraun efir sintez edilmişdir. Alınmış kraun efirin S-enantiomeri fenaminin L-alanin efiri rasematının fərdi diastereomerlərə ayrılması prosesində tətbiq edilmişdir. Ayrılmış diasteremerlər hidroliz olunaraq enantiomerlərə çevrilmişdir. Fərdi enantiomerlərin quruluşu İQ spektroskopik üsulla təyin edilmişdir.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНОГО КРАУН-ЭФИРА В КАЧЕСТВЕ АДСОРБЕНТА В КОЛОНОЧНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Гусейнова П.Ф., Гасанов Х. Н.

Резюме

Для использования в процессе разделения рацемической смеси хроматографической колонке всинтезирован краун-эфир с асимметричным атомом углерода, который отделяли хроматографическим методом. Полученный S-энантиомер краун-эфира был использован в качестве адсорбента в процессе разделения рацемата L-аланинного эфира фенамина на отдельные диастереомеры. Отдельные диастериомеры превращены в энантиомеры гидролизом. Структура выделенных энантиомеров были исследованы методом ИК-спектроскопии.

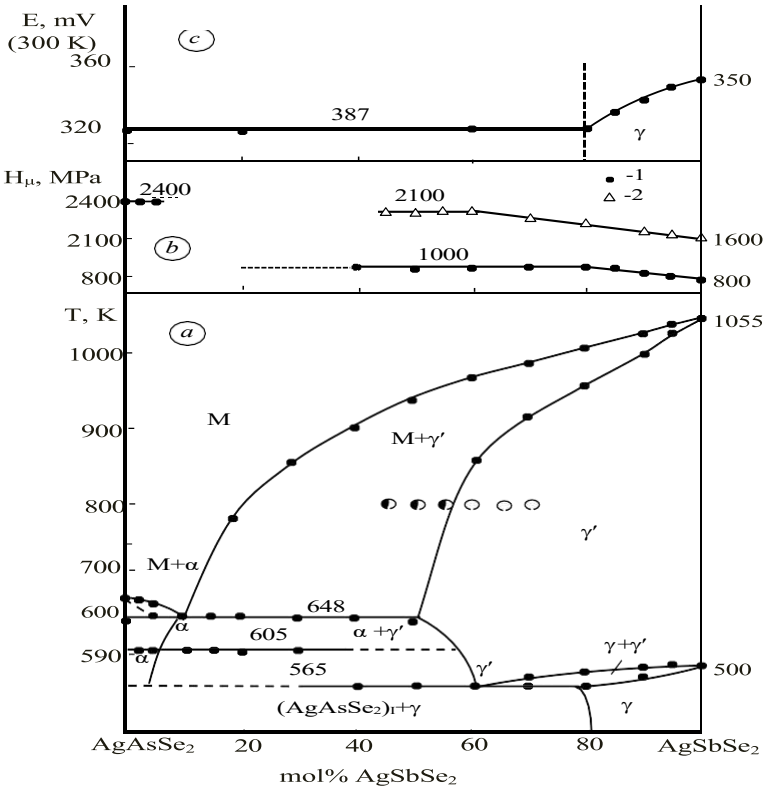
$AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ SİSTEMİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏDQİQİ

Şükürova G.M, Məmmədzadə Ş.E.
Bakı Dövlət Universiteti
memmedzade.senay7@gmail.com

Açar sözlər: *Faza diaqramı, kvazibinar sistem, bərk məhlullar, homogenlik sahəsi, evtektika, polimorf keçid.*

$AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ sisteminin fiziki-kimyəvi analizi məqsədilə başlanğıc komponentlər vakuum mühitində əridilərək sintez edilmişdir. Alınmış nümunələri tarazlıq vəziyyətinə çatdırmaq üçün onlar solidus nöqtəsindən 30° aşağı temperatur şəraitində 1000 saat ərzində termiki emala (dəmə) məruz qoyulmuş, bəzi nümunələr isə soyuq suya salınmaqla qəfil soyudulmuşdur.Tədqiqatlar DTA, RFA və mikrobərkliyin , eləcə də 300-400K Ag_4RbI_5 bərk elektrolitli (-) Ag (bərk) | Ag_4RbI_5 | (Ag_2Se+As_2Se_3+Bi_2Se_3) (bərk) (+) tipli qatılıq zəncirli EHQ ölçmələri ilə həyata keçirilmişdir. Tədqiqatların nəticəsində sistemin faza diaqramı (Şəkil.1,a), tərkib-xassə diaqramları (Şəkil .1 b, c) qurulmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, bu sistem kvazibinardır və başlanğıc birləşmələr əsasında məhdud bərk məhlul sahəsi əmələ gətirən evtektik tipli faza diaqramı ilə xarakterizə olunur.Evtektik nöqtə ~10 mol% $AgSbSe_2$ tərkibinə və 648 K temperatura malikdir.[1,2]

Bərk məhlulların əmələ gəlməsi başlanğıc birləşmələrin polimorf keçid temperaturlarının azalması ($AgAsSe_2$ üçün 650-dən 605 K-ə qədər, $AgSbSe_2$ üçün isə 590-dan 565 K-ə qədər) və evtekoid tarazlığının qurulması ilə müşayiət olunur. Diferensial termiki analizin (DTA) nəticələrinə görə, $AgSbSe_2$-nin (γ-faza) yüksək temperatur modifikasiyasının homogenlik sahəsi ~50 mol% $AgAsSe_2$-ə çatır (şək.1a). $AgSbSe_2$-nin aşağı temperatur modifikasiyasına əsaslanan γ--fazanın homogenlik bölgəsi evtekoid temperaturda (565 K) maksimumdur və ~22 mol% $AgAsSe_2$-dir.[2-5]



Şəkil 1. $AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ sisteminin T-x (a), H_μ-x (b) və E-x (c) diaqramları. H_μ-x diaqramında 1- 500 K-də dəmləmə; 2- 800 K-dan birbaşa soyudulma. T-x diaqramı 800 K-da dəmləndikdən sonra soyudulmuş ərintilər üçün Mikro quruluş analiz nəticələrini göstərir (○- birfazalıdır, ◪ - iki fazalı nümunələrdir).

Digər üsullarla müəyyən nəticələr DTA məlumatlarını təsdiqləyir. 500 K-də tavlanmış ərintilər üçün toz rentgen şüalarının difraksiya nəticələrinə görə qurulmuş hal diaqramına (Şəkil.1) əsasən, 80-100 mol% $AgSbSe_2$ əldə olunmuş tərkib intervalında nümunələr birfazalı struktura malikdir. Müəyyən olunan rentgen difraksiya analizinin nəticələri bu birləşmənin aşağı temperatur modifikasiyasına aid olduğunu təsdiqləyir.Tərkibində 80%-dən az $AgSbSe_2$ olan ərintilər $AgAsSe_2$ və $AgSbSe_2$-nin aşağı temperatur modifikasiyalarına məxsus əks etdirmə xətlərinin kombinasiyası ilə xarakterizə olunur.

800 K-də uzunmüddətli dəmə qoyulub, suda soyudulan ərintilərin rentgen analizinin nəticələri (şək.1) bu temperaturda γ′-fazasının homogen faza sahəsinin dəqiqləşdirilməsinə imkan vermişdir.[1-5]

NƏTİCƏ: $AgAsSe_2$ –$AgSbSe_2$ sisteminin faza diaqramı tam qurulmuş və sistemin kvazibinar xüsusiyyəti sübut edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, $AgSbSe_2$ əsasında temperaturdan asılı olaraq geniş homogenlik sahələri yaranır və bu sahələrdə polimorf keçid temperaturları aşağı düşür.

ƏDƏBİYYAT

1. Babanlı K.N., Şıxıyev Y.M., Babanlı M.B., Əliyev İ.İ. Ag2S birləşmələrinin (Se, Te) faza çevrilmələrinin termodinamik funksiyaları // Kimya Probl., 2009, №3, s.508-511
2. Бобылев Ю.С., Мурин И.В., Тверьянович Ю.С. Электропроводность стекол системы Ag-As-Se-Te // Ж.Физика и химия стекла, 2005, №2, с.223-227
3. Wojciechowski, K. Influence of doping on structural and thermoelectric properties of $AgSbSe_2$ / K. Wojciechowski, M. Schmidt. J. Tobola [et al.] //Journal of Electronic Material, 2010. 39 (9), p. 2053-2058.
4. A.Boutserrit, R. Ollitrault-Fichet, J.Rivet, J. Dugué. Description du système ternaire Ag-Sb-Se // Journal of Alloys and Compounds, 1993,v.191, No 2, p. 223-232
5. Guin S.N., Chatterjee A., Biswas K., Enhanced thermoelectric performance in p-type AgSbSe2 by Cd-doping // RSC Adv., 2014, vol. 4, no. 23, p. 11811.

PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF THE $AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ SYSTEM

Shukurova G.M., Mammadzade Sh. E.

Summary

As a result of the study of the $AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ system using research methods of physicochemical analysis, a phase diagram and some “composition-property” diagrams were constructed. It was determined that the system is quasi-binary and limited solid solution areas are formed based on the components. During the study, it was revealed that wide homogeneity areas are formed based on $AgSbSe_2$, and the existence of eutectoid equilibrium with a decrease in polymorphic transition temperatures was revealed. The obtained results are promising for the application of the system in semiconductor materials science.

$AgAsSe_2$-$AgSbSe_2$ SİSTEMİNİN FİZİKİ-KİMYƏVİ TƏDQİQİ

Şükürova G.M, Məmmədzadə Ş.E.

Xülasə

$AgAsSe_2$–$AgSbSe_2$ sisteminin fiziki-kimyəvi analizin tədqiqat metodları ilə araşdırılması nəicəsində faza diaqramı və bəzi "tərkib-xassə" diaqramları qurulmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, sistem kvazibinardır və komponentlər əsasında məhdud bərk məhlul sahələri əmələ gəlir. Tədqiqat zamanı $AgSbSe_2$ əsasında geniş homogenlik sahələrinin yarandığı, polimorf keçid temperaturlarının azalması ilə evtekoid tarazlığın mövcudluğu aşkar edilmişdir. Alınmış nəticələr sistemin yarımkeçirici material-şünaslığında tətbiqi üçün perspektivlidir.

KİMYANIN ÖYRRƏDİLMƏSİNDƏ MÜASİR METODLARIN TƏTBİQİ VƏ MÜƏLLİMİN İSTİQAMƏTLƏNDİRİCİ ROLU

Rzayeva M.F., Abbasova S.H.

Açar sözlər: *Müəllim, müasir metodlar, şagirdlər, informasiya texnologiyaları, təlim mühiti.*

Keywords: *Teacher, modern methods, students, information technologies, learning environment.*

Giriş

Müasir təhsil sistemində baş verən dəyişikliklər müəllimlərin qarşısında yeni vəzifələr qoyur. Ənənəvi tədris üsullarının yerini daha interaktiv, yaradıcı və şagird-yönümlü yanaşmalar tutur. Bu dəyişikliklər fonunda müəllimin rolu yalnız bilik verən şəxs olmaqdan çıxaraq, şagirdin inkişafını istiqamətləndirən, onun öyrənmə prosesini təşkil edən və motivasiya edən əsas fiqura çevrilir.

Müasir təlim üsulları şagirdin fəal iştirakını təmin edir, müstəqil düşünməsini və yaradıcı fəaliyyətini stimullaşdırır. Bura problem əsaslı öyrənmə, layihə əsaslı öyrənmə, əməkdaşlıq əsaslı öyrənmə, tədqiqat metodları və informasiya-kommunikasiya texnologiyalarından istifadə daxildir. Bu üsulların tətbiqi təlimin keyfiyyətini yüksəldir və biliklərin daha davamlı mənimsənilməsinə şərait yaradır.

Müasir təlim prosesində müəllim yalnız məlumat ötürən deyil, həm də təlimin təşkilatçısı və bələdçisidir. O, şagirdlərin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə alır, onların potensialını üzə çıxarır və öyrənməyə maraq oyadır. Müəllim təlim mühitini elə qurmalıdır ki, şagirdlər özlərini sərbəst ifadə edə bilsin, suallar verə və araşdırma apara bilsinlər.

Müəllimin əsas vəzifələrindən biri şagirdlərdə tənqidi düşünmə bacarığını formalaşdırmaqdır. Bu məqsədlə müəllim müzakirələr təşkil edir, açıq suallar verir və müxtəlif yanaşmaların müqayisəsinə şərait yaradır. Beləliklə, şagirdlər yalnız məlumatı əzbərləmir, həm də onu təhlil etməyi və tətbiq etməyi öyrənirlər.

İnformasiya texnologiyalarının sürətli inkişafı təhsil sahəsinə də böyük təsir göstərmişdir. Müəllimlər elektron dərs vəsaitlərindən, interaktiv lövhələrdən, virtual laboratoriyalardan və onlayn resurslardan istifadə etməklə dərsləri daha maraqlı və səmərəli edə bilərlər. Bu yanaşma həm şagirdlərin marağını artırır, həm də mürəkkəb mövzuların daha aydın başa düşülməsinə kömək edir.

Müasir təlim prosesində praktiki fəaliyyət xüsusi yer tutur. Müəllim şagirdləri tədqiqat aparmağa, təcrübə keçirməyə və layihələr hazırlamağa təşviq etməlidir. Bu, nəzəri biliklərin praktik tətbiqini təmin edir və şagirdlərin real həyatda qarşılaşdıqları problemləri həll etmə bacarığını artırır.

Nəticə

Nəticə etibarilə, müasir təlim üsullarının uğurlu tətbiqi birbaşa müəllimin peşəkarlığından, yaradıcılığından və yeniliklərə açıq olmasından asılıdır. Müəllim tədris prosesini elə qurmalıdır ki, şagirdlər yalnız bilik əldə etməsin, həm də düşünməyi, araşdırmağı və yaradıcılıqla işləməyi bacarsınlar. Beləliklə, müasir təlim üsullarının tətbiqi cəmiyyət üçün daha hazırlıqlı, düşünən və yaradıcı gənclərin yetişməsinə xidmət edir.

Müasir müəllimin bacarıqları arasında sinfin idarə olunması, şagirdlərlə effektiv ünsiyyət qurma və müxtəlif öyrənmə üslublarına uyğunlaşma xüsusi yer tutur. Müəllim hər bir şagirdin ehtiyacını nəzərə alaraq differensiallaşdırılmış təlim metodlarından istifadə etməlidir.

Qiymətləndirmə prosesi də müasir yanaşmalara uyğun aparılmalıdır.Formativ qiymətləndirmə vasitəsilə müəllim şagirdin inkişaf dinamikasını izləyə, zəif tərəfləri müəyyən edə və dərs prosesini buna uyğun tənzimləyə bilər. Müasir təlim mühiti yalnız biliklərin ötürülməsi deyil, həmdə dəyərlərin formalaşması üçün şərait yaratmalıdır. Müəllim şagirdlərdə əməkdaşlıq, məsuliyyət, empatiya və yaradıcılıq kimi keyfiyyətləri inkişaf etdirməyə çalışmalıdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Ə.T.Əzizov, K.N.Haqverdiyev, R.M.Mahmudova, A.B.Əskərov, M.M. Səmədov Kimyanın tədrisi metodikası. I və II hissə dərslik. Bakı-2017
2. Müasirtəhsil texnologiyaları: dərslik/komanda müəlliflər; red. N.V.Bordo.-3-cü nəşr, silinib. - M.:KNORUS, 2016.
3. Barteneva T.P., Remontov A.P. Biologiya dərslərində informasiya kompüter texnologiyalarından istifadə.“Təhsildə İnformasiya Texnologiyaları” Bey.Konqresi.Moskva, 2003.
4. Təşkilatməktəbdə layihə fəaliyyəti: iş sistemi, S. G. Şerbakova tərəfindən tərtib edil-mişdir. - Volqoqrad: Müəllim, 2009.
5. Ümumtəhsil məktəblərinin VIII- IX sinifləri üçün kimya proqramı, Bakı 2016, 2017

APPLICATION OF MODERN METHODS IN TEACHING CHEMISTRY AND THE TEACHER'S GUIDING ROLE

Rzayeva M.F., Abbasova S.H.

S u m m a r y

Consequently, the successful application of modern teaching methods directly depends on the teacher's professionalism, creativity and openness to innovations. The teacher must structure the teaching process in such a way that students not only acquire knowledge, but also are able to think, research and work creatively. Thus, the application of modern teaching methods serves to educate more prepared, thoughtful and creative young people for society.

KİMYA DƏRSLƏRİNDƏ İNNOVATİV YANAŞMALAR VƏ

MÜƏLLİMİN PEDAQOJİ ROLU

Rzayeva M.F., Abbasova S.H.

Açar sözlər: *Tədris, fəal təlim metodları, müasir, təhsil, proses, yeni texnologiyalar.*

Keywords: *Teaching, active learning methods, modern, educational, process, new technologies.*

GİRİŞ

Müasir dövrdə təhsil sistemi sürətlə inkişaf edir və bu inkişafın əsas istiqa-mətlərindən biri təlim prosesində müasir yeni pedaqoji texnologiyaların tətbiqidir. Xüsusilə kimya fənninin tədrisində ənənəvi izah üsulları ilə yanaşı, şagirdyönümlü, interaktiv və innovativ metodların istifadəsi tədrisin keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Kimya fənni təbiət elmləri arasında eksperiment və müşahidəyə əsaslanan ən vacib sahələrdən biridir və burada müəllimin rolu xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Müasir təlim üsulları şagirdlərin dərs prosesində aktiv iştirakını təmin edir, onların düşünmə, analiz etmə, müqayisə aparma və nəticə çıxarma bacarıqlarını inkişaf etdirir. Bu üsullar arasında problem əsaslı öyrənmə, layihə əsaslı təlim, əməkdaşlıq öyrənmə, tədqiqat yönümlü dərslər və İKT-dən istifadə xüsusi yer tutur.

Kimya dərslərində bu metodların tətbiqi xüsusilə vacibdir, çünki maddələrin quruluşu, kimyəvi reaksiyalar və laboratoriya prosesləri yalnız nəzəri biliklə deyil, həm də praktiki fəaliyyətlə daha yaxşı mənimsənilir.

Müasir dövrdə müəllim artıq yalnız bilik ötürən şəxs deyil, həm də şagirdin öyrənmə prosesini təşkil edən, istiqamətləndirən və motivasiya edən pedaqoji liderdir.

1. Bələdçi rolu

Müəllim şagirdlərə hazır məlumat vermək əvəzinə, onları bilik əldə etməyə yönəldir. O, şagirdlərin araşdırma aparmasına şərait yaradır və düzgün istiqamət göstərir.

2. Motivasiyaedici rol

Kimya fənni bəzən şagirdlər üçün çətin görünə bilər. Müəllim maraqlı təcrübələr, gündəlik həyatdan nümunələr və vizual materiallardan istifadə edərək dərsi daha cəlbedici edir.

3. Laboratoriyanın təşkili və təhlükəsizlik

Kimya fənnində laboratoriya işləri əsas yer tutur. Müəllim təcrübələrin düzgün aparılmasını təmin edir, təhlükəsizlik qaydalarına riayət olunmasına nəzarət edir.

4. İKT-dən istifadə

Müasir müəllim dərslərdə kompüter texnologiyaları, virtual laboratoriyalar, animasiyalar və simulyasiyalardan istifadə edir. Bu, xüsusilə mürəkkəb kimyəvi reaksiyaların daha yaxşı başa düşülməsinə imkan verir.

5. Tənqidi düşüncənin inkişafı

Müəllim şagirdlərə yalnız cavab vermir, onları düşünməyə vadar edir.'Niyə?', 'Ne-cə?', 'Əgər dəyişsək nə baş verər?' kimi suallar şagirdlərin elmi düşüncəsini formalaşdırır.

MÜASİR METODLARIN ÜSTÜNLÜKLƏRİ

Müasir təlim üsullarının tətbiqi şagirdlərin dərsə marağını artırır, öyrənməni daha effektiv edir və biliklərin uzunmüddətli yadda qalmasına şərait yaradır.

- Şagirdlərin aktivliyi artır
- Praktik bacarıqlar inkişaf edir
- Komanda işi güclənir

- Problem həll etmə bacarıqları formalaşır
- Yaradıcı düşüncə inkişaf edir

Bundan əlavə, şagirdlərdə özünəinam, tədqiqat aparmaq bacarığ və elmi yanaşma formalaşır.

MÜƏLLİMİN PEŞƏKAR KEYFİYYƏTLƏRİ

Uğurlu kimya müəllimi müasir təlim metodlarını tətbiq edə bilməli, dərsi planlaşdırmalı və şagirdlərin fərdi xüsusiyyətlərini nəzərə almalıdır. O, eyni zamanda laboratoriya təhlükəsizliyini təmin etməli, müasir texnologiyalardan istifadə bacarığına malik olmalı və şagirdləri motivasiya etməyi bacarmalıdır.

NƏTİCƏ

Nəticə olaraq qeyd etmək olar ki, kimyanın tədrisi zamanı müasir təlim üsullarının tətbiqi təhsil prosesini daha səmərəli və maraqlı edir. Bu prosesin uğuru isə birbaşa müəllimin peşəkarlığından, yaradıcılığından və innovativ yanaşmasından asılıdır. Müasir müəllim şagirdlərə yalnız bilik verən deyil, eyni zamanda onları düşünən, araşdıran və yaradan fərdlər kimi yetişdirən bir istiqamətvericidir.

ƏDƏBİYYAT

1. Ə.T.Əzizov, K.N.Haqverdiyev, R.M.Mahmudova, A.B.Əskərov, M.M. Səmədov Kimyanın tədrisi metodikası. I və II hissə dərslik. Bakı-2017

2. Müasirtəhsil texnologiyaları: dərslik/komanda müəlliflər; red. N.V.Bordo.-3-cü nəşr, silinib. - M.:KNORUS, 2016.

3. BartenevaT.P., Remontov A.P. Biologiya dərslərində informasiya kompüter texnologiya-giyalarından istifadə. "Təhsildə İnformasiya Texnologiyaları" Bey.Konqresi Moskva, 2003

4. Təşkilatməktəbdə layihə fəaliyyəti: iş sistemi, S. G. Şerbakova tərəfindən tərtib edil-mişdir. - Volqoqrad: Müəllim, 2009.

5. Ümumtəhsil məktəblərinin VIII- IX sinifləri üçün kimya proqramı, Bakı 2016, 2017

INNOVATIVE APPROACHES IN CHEMISTRY LESSONS AND THE PEDAGOGICAL ROLE OF THE TEACHER

Rzayeva M.F.,. Abbasova S.H.

S u m m a r y

In conclusion, it can be noted that the application of modern teaching methods in the teaching of chemistry makes the educational process more efficient and interesting. The success of this process directly depends on the professionalism, creativity and innovative approach of the teacher. A modern teacher is a guide who not only gives knowledge to students, but also trains them as thinking, researching and creative individuals.

PREPARATION OF COMPOSITES BASED ON NATURAL ZEOLITES MODIFIED WITH Na-IONS AND THEIR STATIC ION EXCHANGE CAPACITIES FOR Cu^{2+}, Ni^{2+} AND Co^{2+}

Imanova N.A., Mahmudov F.T., Aliyeva S.A., Jabarov E.E., Adigozalova M.N., Askerova T.N., Humbatova A.S.

Institute of Chemistry

naileimanova1966@gmail.com

Keywords: *liquid glass, Na-clinoptilolite, Na-mordenite, ion exchange*

Abstract: Chemical thermodynamics studies the interaction of substances using thermodynamic methods. The application of the thermodynamic approach is based on the fact that both the masses or amounts of independent components and the masses and amounts of components can be used as variables, together with the equations of combination describing chemical reactions - when a detailed description of chemical equilibrium is required. Studying the thermodynamics of adsorption processes is a necessary link in solving the problems of targeted synthesis of sorption materials with certain properties and facilitates the search for new areas of their practical application.

The study of thermodynamic aspects of adsorption allows us not only to determine the energetic nature of the process, but also to assess the structural properties of microporous systems interacting with polar molecules. British scientists believed that when expressing the concentration of ions in the solution and in the sorbent through total molar fractions, the thermodynamic equilibrium constant becomes a variable value depending on the total concentration of ions in the solution and in the sorbent. The static ion exchange capacities of the composite materials prepared on the basis of Na-clinoptilolite and Na-mordenite, which are the objects of research, with the addition of liquid glass and tritol-amine, for Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+} ions were calculated. In zeolite samples prepared with liquid glass and triethyl-amine, the ion exchange capacities are observed to increase by 1.4-1.6 times.

Natural and waste waters contain both natural and artificial pollutants. Dangerous pollution of the hydrosphere leads to the presence of copper, cobalt, nickel, etc. ions in the form of waste from non-ferrous metallurgy and equipment manufacturing enterprises in concentrations above the permissible concentration limit for waste discharge. As a result, the hydrosphere is seriously deformed. It is in this regard that the use of cheap and effective natural materials for the purification of industrial and natural waters is of great interest. For the purpose of waste disposal, sorption methods are used using highly selective materials. Azerbaijani natural resources (clinoptilolite, mordenite), natural clays (bentonite, montmorillonite) containing such materials have high efficiency. The main disadvantage of these sorbents is their low capacity. However, preliminary results show that after minimizing the concentration of ions in the waste by using other physical and chemical methods (multiplication, ozonation, biological treatment, etc.), it is possible to carry out the transition and purification of heavy metal ions by ion exchange with natural materials [1]. The table below shows the static ion-exchange capacities of composite materials prepared on the basis of Na-clinoptilolite and Na - mordenite with liquid glass and triethyl amine for Co^{2+}, Ni^{2+} and Cu^{2+} ions.

Table 1:

Static ion-exchange capacities of composite materials based on Na-clinoptilolite and Na-mordenite prepared with liquid glass and triethyl amine for Co^{2+}, Ni^{2+} and Cu^{2+}

No.	Natural sorbents	Quantity q	Liquid Bottle, ml	Static Ion-exchange capacities (SMT)					
				Co^{2+}		Ni^{2+}		Cu^{2+}	
				mg·eq/g	mg/g	mg·eq/g	mg/g	mg·eq/g	mg/g

1	Na-clinoptilol + 1N $(C_2H_5)_3N$	5	50	1.5	62.2	1.6	65.7	1.8	68.6
2	Na-clinoptilol + 1N $(C_2H_5)_3N$	5	70	1.8	63.3	1.9	69.2	2.1	72.4
3	Na-clinoptilol + 1N $(C_2H_5)_3N$	5	80	2.1	67.2	2.2	71.6	2.3	76.8
4	Na-mord + 1N $(C_2H_5)_3N$	5	50	1.4	50.6	1.8	54.5	1.6	66.6
5	Na-mord + 1N $(C_2H_5)_3N$	5	70	2.1	60.9	2.3	62.3	2.2	68.3
6	Na-mord + 1N $(C_2H_5)_3N$	5	80	2.3	61.8	2.4	64.6	2.5	70.5

Literature data show that for high-speed ion exchange processes, the activation energy and free energy values should be minimal. Changes in thermodynamic parameters should be approached with caution. The replacement of divalent and trivalent ions in the sorbent with monovalent ions is accompanied by a decrease in water in the zeolite. The ion-exchange capacities of Na-kniloptilolite and Na-mordenite composite materials prepared with liquid glass and triethylamine are observed to increase by 1.4-1.6 times compared to Co^{2+}, Ni^{2+} and Cu^{2+}.

LITERATURE

1. Makhmudov F.T. et al. Dynamics of sorption of transition metal ions (Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}) from solutions on Na-clinoptilolite. Economic Chemistry. 2024. No. 6, pp. 342-347.

TRİS – (p-NİTROBENZOATO) – NEODİUM (III) – TRİHİDRAT KOMPLEKS BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ VƏ KRİSTAL QURULUŞUNUN TƏDQİQİ

Əliyeva Q.M[1]., İmanova N.Ə., Həsənova Ü.M[2]., Həsənova S.S[2]., Məmmədova L.N[2]., Məmmədova A.T[3]., Rzayeva M.F[3]., Mövsümov E.M[2].
[1]ARETN Kimya İnstitu, [2]Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti,
[3]Gəncə Dövlət Universiteti

Açar sözlər: *p-nitrobenzoy turşusu, nadir torpaq elementi, kristal quruluş, xelat kompleksi, donor-akseptor rabitəsi*

Keywords: *p-nitrobenzoic acid, rare earth element, crystal structure, chelate complex, donor-acceptor bond.*

EKSPERİMENTAL HİSSƏ

Yeni kompleks birləşməsinin rentgen quruluş analizi üçün keyfiyyətli monokristalları aşağıdakı üsulla sintez olunmuşdur. Ekvivalent çəki nisbəti gözlənilmək şərti ilə $Nd(NO_3)_3 \cdot 3H_2O$ duzunun durulaşdırılmış məhlulu 50-60^{0}C-də qızdırılaraq üzərinə qaynar Natrium p-nitrobenzoy turşusunun durulaşdırılmış məhlulu əlavə edilərək maqnit qarışdırıcıda 80^{0}C-də 20 dəqiqə qarışdırılır. Qaynar məhlul süzülür və otaq temperaturunda qaranlıq yerdə saxlanılır. 4-5 gündən sonra plastik formalı monokristallar çökür. Kristallar filtr kağızı

vastəsilə süzülür və eksikatorda susuz $CaCI_2$ üzərində sabit çəki alınana qədər qurudulur. Reaksiyanın çıxımı 76,54% təşkil edir.

Alınmış monokristallar mikroskop altında seçilərək Türkiyə Respublikasının Samsun Universitetində fəaliyyət göstərən Bracer CCD avtomatlaşdırılmış difraktometrində quruluş analizi üçün lazım olan məlumatlar toplanaraq, xüsusi proqramların [1,2,3] köməyi ilə molekulyar kristal quruluşu açılmışdır.

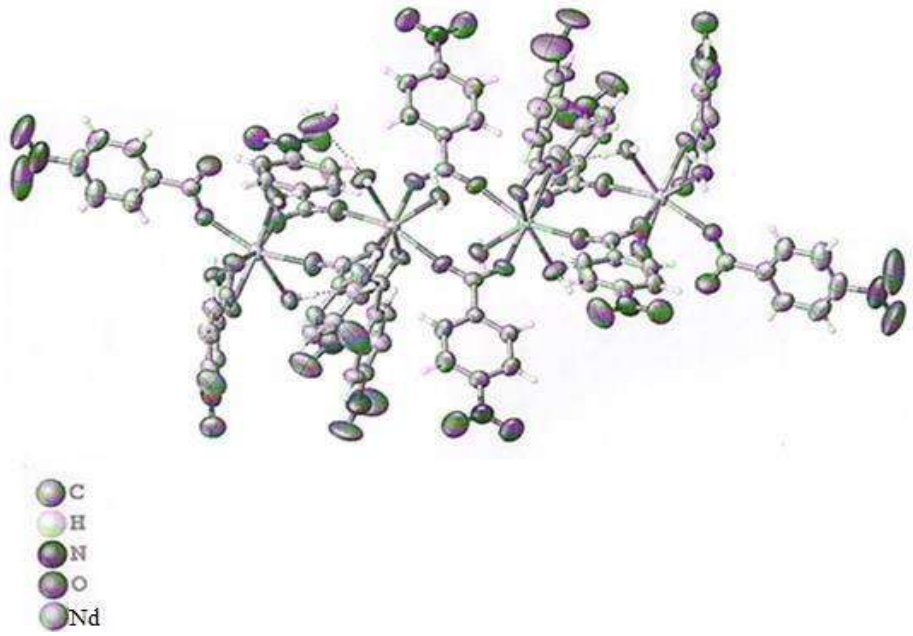
Yeni kompleks birləşmənin kristalloqrafikparametrləri aşağıdakı kimidir: kimyəvi formulu $C_{31}H_{18}NdN_3O_{15}$, molekul kütləsi 618,21 k.v. reflekslərin toplanması zamanı temperatur -297 K, sinqoniya monoklinik n, fəza qrupu $P_{n_1/a}$, monokristalın ölçüləri 0,18x 0,24x0,21 mm^3, şüalanma mənbəyi M_0K_α=0,72073, tetanın aşağı qiyməti $8,39^0$, tetanın yuxarı qiyməti $22,19^0$, kristal qəfəsin parametrləri: a=9,7019Å, b=14,195Å, c=12,603Å, bucaqlar $\alpha=\beta=90^0$, $\gamma=120,3^0$, kristal qəfəsin həcmi V=2436,5$Å^3$, kristal qəfəsdə yerləşən molekulların sayı Z=4, monokristalın sıxlığı d=1,980q/sm^3, Yekunlaşmış R faktor 0,0356.

Kompleks birləşmənin atomlar arası rabitələr və valent bucaqları Cədvəl 1-də, Tetramer molekulun quruluşu şəkil 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Seçilmiş atomlar arası rabitələr və valent bucaqları.

Rabitələr	d, Å	Rabitələr	d, Å	Valent bucaqları	ω^0
Nd(1)–O(1)	2,39	C (1)–O(1)	1,22	O(1) – Nd – O(2)	78,25
Nd (1) – O (2)	2,38	C (1)–O(2)	1,24	O(6) – Nd (1) – O(29)	82,35
Nd (1) – O (26)	2,41	C_5 – N (1)	1,43	O(31) – Nd (1) – O(75)	46,3
Nd (1) – O (16)	2,38	N – O (3)	1,32	O(15) – Nd (1) – O(78)	116,54
Nd (1) – O (36)	2,42	N – O (5)	1,35	O(36) – Nd (2) – O(55)	98,65
C (1) – C (2)	1,87	C (7)–C (8)	1,98	O(51) – Nd (2) – O(75)	47,85
C (3) – C (4)	1,89	C (8)–C (9)	1,94	O(1) – C (1) – O(2)	116,14



Səkil 1. Nd (III) – p-nitrobenzoatın tetramer quruluşu.

Tetramer quruluşdan aydın olur ki, mərkəzi atom Nd(3) karboksil qrupunun oksigenləri ilə həm xelat, həm də bidentat-körpü tipində rabitə yaradır və bu rabitələrin uzunluqları müxtəlifdir Nd – O(27) = 2,39Å, Nd – O(36) = 2,42Å. C – O rabitələri digər metal karboksilatları ilə eynilik təşkil edir C – O(1)=1,28Å, C – O(2)=1,30Å [4].

ƏDƏBİYYAT

1. Bruker,A. Saint and SADABS, Bruker AXS inc., Madiston üisconsin, USA. 2019, -p.426-431.

2. Dolomonov, Oleq.V., Bourthis Luc.J.? Gildea Richard J., Howard A.K. OLEX2: A complete structure solution, retiniment and analiz proqram // j.Applead Crystalloqr., -2015, V.427, №2, -p.p.339-341.

3. Sheldrick, G.M., SHELXT: Integrating space group determination and structure solution // Acta Crystallogr, Sect. A:Found, -2014, Adv 70.C –C.-pp1437-1445.

4. Ali, K.S. Synthesis, crystal structure, Hirshfeld surface and void analysis of bis (μ2-4-aminobenzoato-$K_2O:O^{/}$) bis [bis (4-aminobenzoato-$K_2O,O^{/}$) diaquathulium (III)] dihydrate /K.S.Ali, M.Ashfaq, M.N.Tahir, E.M.Movsumov, K.S.Munawar, // Acta Crystallogr. E:Crystallogr. Commun: -2022, №78(3), p.282-311.

5. ZMuhammed, ME, Meshedi, AQ, Tahir, MN, Feizi-Dehnayebi, M., Ashfaq, M., Munawar, KS, ... & Rahmanova, SY (2026). Salisilat və Bipiridin Tipli Ligandlara Əsaslanan Mis (II) Kompleksi: Sintez, Xarakteristikalar, DFT Məlumatları və Molekulyar Dok Simulyasiyası. *Kimya Afrika* , *9* (1), 9.

6. Mamedova, AT, Rzaeva, MF, Movsumov, EM, & Sergienko, VS (2010). Tetraqua (di-para-oksibenzoato) dəmir (II) tetrahidratının kristal və molekulyar strukturları. Rus Koordinasiya Kimyası Jurnalı , 36 (1), 73-75.

7. Mamedova, AT, Rzaeva, MF, Movsumov, EM, & Sergienko, VS (2010). Tetraaqua (di-para-oksibenzoato) dəmir (II) tetrahidratının kristal və molekulyar strukturları. Rusiya koordinasiya kimyası jurnalı , 36 (1), 73-75.

8. Rzayeva, M. F., Məmmədova, A. T., & Mövsümov, E. M. (2008). Para-aminobenzoy turşusunun molekulyar və kristal quruluşu. Kimya problemləri, (2), 301-305.

9. Teyyub, M. A., Tofig, M. S., Rovshan, R. L., & Ganimet, B. A. (2024). COMPLEX ASSOCIATIONS AS AN INTEGRAL PART OF OUR LIFE. *Modern Scientific Method*, (8).

10. Teyyub, M. A., Tofig, M. S., Malik, F. N., Rovshan, R. L., & Ganimet, B. A. (2024). SYNTHESIS OF BIS-DICHLORODIAZADIENE FROM 2, 3, 5, 6-TETRAFLUOROTHEREPTHAL ALDEHYDE. Progress in Science, (5).

TRİS – (p-NİTROBENZOATO) – NEODİUM (III) – TRİHİDRAT KOMPLEKS BİRLƏŞMƏSİNİN SİNTEZİ VƏ KRİSTAL QURULUŞUNUN TƏDQİQİ

Əliyeva Q.M[1]., İmanova N.Ə., Həsənova Ü.M[2]., Həsənova S.S[2]., Məmmədova L.N[2]., Məmmədova A.T[3]., Rzayeva M.F[3]., Mövsümov E.M[2].

Xülasə

Nadir torpaq elementi olan Neodium (III) kationunun p-nitrobenzoy turşusu ilə yeni kompleks birləşməsi sintez olunmuş və avtomatlaşdırılmış difraktometrdə molekulyar və kristal quruluşu tədqiq olunmuşdur. Məlum olmuşdur ki, mərkəzi atom Nd (III) karboksil qrupunun oksigenləri ilə həm xelat, həm də bidentat-körpü tipində koordinativ rabitə əmələ gətirərək tetramer quruluş yaradır. 4 su molekulu Nd (III) kationu ilə donor-akseptor rabitəsi ilə birləşərək onun koordinasiya ədədini səkkizə tamamlayır.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ ТРИС-(п-НИТРОБЕНЗОАТО)-НЕОДИЯ(III)-ТРИГИДРАТА

Алиева Г.М., Иманова Н.А., Хасанова У.М., Хасанова С.С., Маммадова Л.Н., Маммадова А.Т., Рзаева М.Ф., Мовсумов Е.М

Резюме

Был синтезирован новый комплекс катиона редкоземельного элемента неодима (III) с п-нитробензойной кислотой, и его молекулярная и кристаллическая структура были изучены на автоматизированном дифрактометре. Было установлено, что центральный атом Nd (III) образует как хелатные, так и бидентатно-мостовые координационные связи с атомами кислорода карбоксильной группы, формируя тетрамерную структуру. 4 молекулы воды связываются с катионом Nd (III) посредством донорно-акцепторных связей, доводя его координационное число до восьми.

SYNTHESIS AND CRYSTAL STRUCTURE STUDY OF TRIS – (p-NITROBENZOATO) – NEODIUM (III) – TRIHYDRATE COMPLEX COMPOUND

Aliyeva G.M., Imanova N.A., Hasanova U.M., Hasanova S.S., Mammadova L.N., Mammadova A.T., Rzayeva M.F., Movsumov E.M.

Absctact

A new complex of the rare earth element Neodymium (III) cation with p-nitrobenzoic acid was synthesized and its molecular and crystal structure were studied on an automated diffractometer. It was found that the central atom Nd (III) forms both chelate and bidentate-bridge type coordination bonds with the oxygens of the carboxyl group, forming a tetramer structure. 4 water molecules combine with the Nd (III) cation by donor-acceptor bonds, completing its coordination number to eight.

$BiTmSe_3$ BİRLƏŞMƏSİNİN BƏZİ TERMOELEKTRİK XASSƏLƏRİ

Məmmədova S.H.., [1] Qənbərova G.T., Cəfərova Y.K., [1] Sadıqov F.M.,[2]Əbilov Ç.İ.

[1]Bakı Dövlət Universiteti, [2]Azərbaycan Texniki Universiteti

gunelqenberova2520@gmail.com

Açar sözlər: *yarımkeçirici, ərinti, nadir torpaq elementi, binar birləşmə.*

Ключевые слова: *полупроводник, сплав, редкоземельный элемент, бинарное соединение.*

Keywords: *semiconductor, alloy, rare earth element, binary compound.*

Xülasə

Bu işdə $BiTmSe_3$ birləşməsinin xüsusi elektrik keçiriciliyinin, termo e.h.q.əmsalının və ümumi istilik keçiriciliyinin temperatur asılılıqlarından (300-800K intervalında) alınan nəticələr verilmişdir. σ~f (T) asılılığının qrafikindən məlum olmuşdur ki,~300-500K intervalında elektrik keçiriciliyi yarımmetallik təbiətli olması müəyyən edilmişdir. $BiTmSe_3$ birləşməsinin termoelektrik effektivlik əmsalının bir neçə temperaturda qiymətləri hesablanmışdır. Baxmayaraq ki, otaq temperaturunda Z-in qiyməti kiçikdir, yəni Z(300 K)

$=0,15x10^{-3}K^{-1}$ temperatur yüksəldikcə effektivliyin qiymətləri normal həddlərə çatır. Belə ki, $Z(600K)=1,55.10^{-3}K^{-1}$ və $Z(673K)=2,45x10^{-3}K^{-1}$ qiymətləri alınır ki, bu da üçlü birləş-mənin termoelektrik enerji çevricilərində istifadə edilməsi üçün perspektivli olduğunu göstərir.

Məlumdur ki, bismutun və sürmənin üçlü xalkogenidli birləşmələri enerji çeviriciləri üçün səmərəli materiallar sayılır. Çünki belə birləşmələr, xüsusilə Bi_2Se_3 birləşməsi təbəqəli quruluşa malik olduğundan onlarda təbəqələr daxilində və təbqələrdən kənarda rabitələrin fərqliliyi nəticəsində yükdaşıyıcılarının və istiliyin daşınması xüsusiyyətləri yaranır ki, bu da öz növbəsində birləşmənin və onun əsasında aşkar edilən bərk məhlul tərkiblərinin termoelektrik xassələrinə güclü təsir göstərir. Lakin belə vəziyyət,yəni laylı kristallaşma bismut və sürmənin bir çox üçlü birləşmələrində aradan qalxdığından onların termoelektrik xassələrinin öyrənilməsi elmi tətbiqi cəhətdən əhəmiyyətlidir[1].

Hazırkı məlumatda $BiTmSe_3$ birləşməsinin xüsusi elektrik keçiriciliyinin, termo e.h.q.əmsalının və ümumi istilik keçiriciliyinin temperatur asılılıqlarından (300- 800K intervalında) alınan nəticələr verilir. σ~f(T) asılılığının qrafikindən məlum olmuşdur ki, ~300-500K intervalında elektrik keçiriciliyi yarımmetallik təbiətlidir. Lakin temperaturun sonrakı artımında asılılıq məxsusi keçiricilik sahəsi əmələ gəlməklə yarımkeçirici xarakterə sahib olur. Asılılıqda termiki qadağan olunan zolağın eninin qiyməti ~0,72eV olmuşdur. Birləşmənin keçiricilik tipi "n", ondakı sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası isə $\sim 10^{17} sm^{-3}$ tərtibindədir.Termo e.h.q.əmsalının temperatur asılılığı göstərilmişdir ki, temperaturun 753K-ə qədər yüksəlməsi ilə α-da düzxətli olaraq artır.Sonra asılılıqda maksimum həddvə azalma müşahidə olunur. Maksimum sahəsində α~350 mkv/K tərtibində olur. Termo e.h.q. Əmsalının temperaturla belə dəyişməsini ilk yanaşmada mürəkkəb zona quruluşunun mövcudluğu ilə izah etmək olar. Lakin bir fərziyyənin doğruluğu üçün əlavə olaraq optik və qalvanomaqnit xassələrinin tədqiqi gərəklidir.

Tədqiq edilən birləşmənin ümumi istilik keçiriciliyinin temperatur asılılığı göstərir ki, $\chi_{ümumi}$ 300K-də 14,5 10^{-3} Vt/ sm K, 753K-də isə ~ 8,2 10^{-3} Vt/ sm K qiymətləri aralığında dəyişir. Yəni bu kəmiyyət tədqiq edilən temperatur intervalında ~ T^{-1} qanununa tabe olur.Belə vəziyyət nümunədə normal fonon hadisələrinin baş verməsini göstərir. Məlum $\alpha^2\sigma/\chi$ düsturundan istifadə edərək tədqiq edilən $BiTmSe_3$ birləşməsinin termoelektrik effektivlik əmsalının bir neçə temperaturda qiymətləri hesablanmışdır. Baxmayaraq ki, otaq temperaturunda Z-in qiyməti kiçikdir, yəni Z (300 K)=$0,15x10^{-3}$ K^{-1} temperatur yüksəldikcə effektivliyin qiymətləri normal həddlərə çatır. Belə ki, Z(600K)=1,55 10^{-3} K^{-1} və Z(673K)=2,45x$10^{-3}K^{-1}$ qiymətləri alınır ki, bu da üçlü birləşmənin termoelektrik enerji çevricilərində istifadə edilməsi üçün perspektivli olduğunu göstərir [2].

ƏDƏBİYYAT

1. Kutasov V.A., Lukyanov L.N., Konstantinov P.P. effect of anisotropy of the constant energy surface on the thermoelectric efficiency of solid solutions n-$Bi_2(Te,Se,S)_3$ Physics of the solid state,1999, v.41, issue 2, pp.187-192

2. Sadıqov F.M., İlyaslı T.M., Qanbarova G.T.,Zlomanov B.P., Aliyev İ.İ. Physical-chemical research system along Sb_2Se_3-Nd_2Se_3 Neorqan.mater.,2017,t.53, N7,s.681-685

НЕКОТОРЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $BiTmSe_3$

С.Г.Мамедова, Г.Т.Ганбарова, Е.К.Джафарова., Ф.М.Садыгов, Ч. Й.Абилов.

Резюме

В данной работе представлены результаты, полученные из температурных зависимостей удельной электропроводности, термоэлектрического коэффициента и общей теплопроводности соединения BiTmSe3 (в диапазоне 300-800 К). Из графика зависимости σ~f(T) известно, что электропроводность в диапазоне ~300-500 К имеет полуметаллический характер. Рассчитаны значения коэффициента термоэлектрической эффективности соединения BiTmSe3 при нескольких температурах. Хотя значение Z при комнатной температуре невелико, т.е. Z (300 K) = 0,15 × 10^{-3} K^{-1}, с повышением температуры значения эффективности достигают нормальных пределов. Таким образом, получены значения Z(600K) = 1,55 × 10^{-3} K^{-1} и Z(673K) = 2,45 × 10^{-3} K^{-1}, что указывает на перспективность тройного соединения для использования в термоэлектрических преобразователях энергии.

SOME THERMOELECTRIC PROPERTIES OF THE $BiTmSe_3$ COMPOUND

S.H. Mammadova, G.T. Ganbarova, Y.K. Jafarova, F. M. Sadigov, C.İ. Abilov

Summary

In this work, the results obtained from the temperature dependences of the specific electrical conductivity, thermoelectric coefficient and total thermal conductivity of the BiTmSe3 compound (in the range of 300-800K) are given. From the graph of the dependence σ~f(T) it is known that the electrical conductivity in the range of ~300-500K is determined to be semimetallic in nature. The values of the thermoelectric efficiency coefficient of the BiTmSe3 compound at several temperatures have been calculated. Although the value of Z at room temperature is small, i.e. Z (300 K)=0.15x10-3 K-1, as the temperature increases, the efficiency values reach normal limits. Thus, the values of Z(600K)=1.55 10 -3 K-1 an Z(673K)=2.45x10 -3K-1 are obtained, which indicates that the ternary compound is promising for use in thermoelectric energy converters.

ÜZVİ KİMYA

8-THIOMETHYL BODIPY: A BRIEF LOOK AT THIS VERSATILE AND INTERESTING STRUCTURE

[1]Yılmaz R.F., [2]Tutar A.

[1]Turkish Naval Academy, National Defence University, Tuzla, İstanbul, 34940, Turkey,

[2]Sakarya University, Department of Chemistry, Sakarya, Turkey.

rasitfikretyilmaz@gmail.com; rasitfikret.yilmaz@msu.edu.tr

atutar@gmail.com; atutar@sakarya.edu.tr

Keywords: *BODIPY, Boron-dipyrromethenes, 8-Thiomethyl BODIPY, Nucleophi-lic Substitution, LSCC, Fluorescence, Meso-position.*

Abstract

BODIPY compounds, known as 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indacene or boron–dipyrromethene, possess many interesting and attractive properties. The diverse photophysical properties, high stability, and wide range of applications of BODIPY compounds excite researchers, and such fluorescent dyes are of great interest in both synthetic chemistry and applied fields. The ability to add substituents to any desired position, thus easily obtaining functionalized derivatives, makes them particularly interesting. To synthesize different BODIPY derivatives, derivatization can be performed from the carbon at the meso position, from the pyrrole carbons of the BODIPY core, or from the boron center. In this study, we will present some 8-thiomethyl BODIPY derivatives derived from the meso position.

Introduction

First synthesized by Treibs and Kreuzer in 1968, BODIPY, 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indacene, are important fluorescent dyes notable for their interesting photophysical properties [1]. The fluorescent properties of BODIPY compounds, along with their strong characteristics such as quantum yields, molar absorption coefficients, structural modularity, and biocompatibility, and their easy functionalization through modifications at different positions, have led to a diversification of their application areas [2-5]. Furthermore, their insensitivity to degradation by solvents and pH, ease of synthesis, chemical, thermal, and photostability, and sharp absorption in the visible and near-infrared regions depending on the substituents in their core are other important properties of these dyes (Figure 1). These types of fluorescent dyes are used in many biological, chemical, and optoelectronic applications, particularly in photodynamic therapy (PDT), solar cells, biomolecule labeling, cell imaging, fluorescent switches, light collectors, electroluminescent films, anion/cation sensors, and laser dyes [6-10].

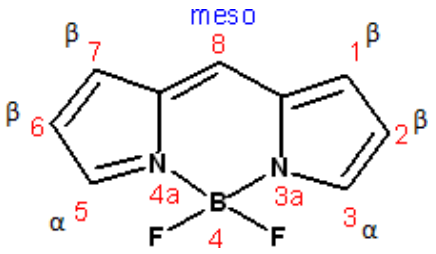


Figure 1. IUPAC numbering of the BODIPY nucleus.

Following the synthesis of the first BODIPY compound by Treibs and Kreuzer in 1968, many derivatives have been synthesized. The ease of synthesis of the BODIPY core and the modification of its photophysical and electrochemical properties through the addition of substituents have led to its wide range of applications [11]. Since all positions of the BODIPY core are suitable for functionalization, it is possible to prepare a wide variety of BODIPY derivatives [12-15], (Figure 2). Although functionalization of the BODIPY core has been achieved from the meso position and other positions, this study will focus on 8-thiomethyl BODIPY dyes.

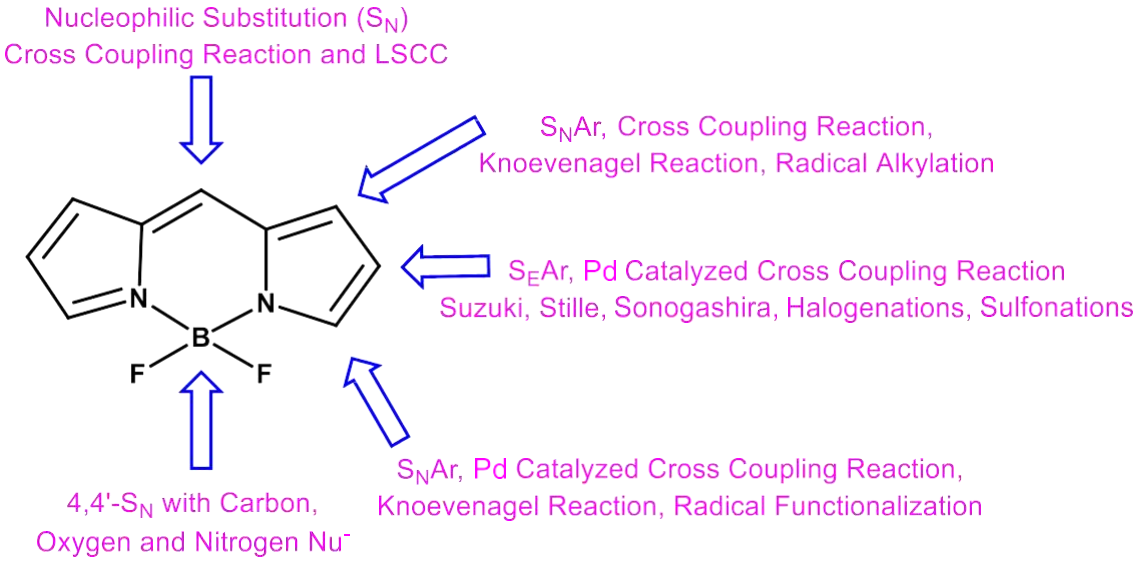


Figure 2. Reaction sites of the BODIPY nucleus

Structural modification of the BODIPY core, which has made significant contributions to many disciplines, forms the basis of numerous applications [16-19]. One of these modifications, meso-substituted BODIPY derivatives, can generally be easily synthesized using the well-known Lindsey method. The Lindsey method involves the condensation of pyrrole and functional group-containing aldehydes in the presence of a catalytic amount of Lewis acid for the synthesis of meso-substituted BODIPY. This reaction yields dipyromethane, which is then converted to dipyromethane by oxidation with DDQ (2,3-dichloro-5,6-dicyano-1,4-benzoquinone). In the final step, meso-substituted BODIPY compounds are obtained by complexation with BF_2 using $BF_3{\cdot}OEt_2$ under basic conditions [20], (Figure 3).

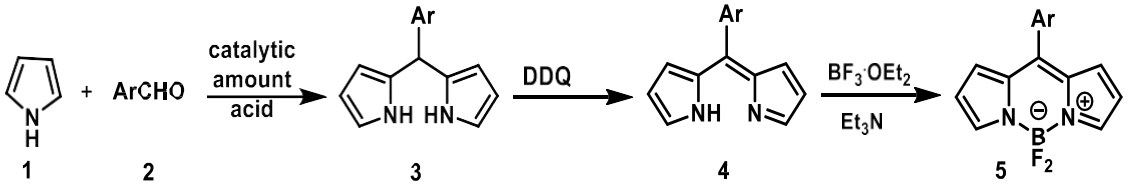


Figure 3. Synthesis of meso-aryl boron-dipyrromethene 5.

A wide variety of BODIPY derivatives can be synthesized using the Lindsey method, but it has disadvantages such as the difficulty of purifying the obtained derivatives, the commercial unavailability or separate synthesis of aldehydes, and the incompatibility of functional groups with strong Lewis acids and DDQ oxidation [21]. For this reason, we synthesized 8-thiomethyl BODIPY, known in the literature as Biellmann BODIPY, which is an important key compound for synthesizing different meso-substituted BODIPY derivatives [22]. 8-Thiomethyl BODIPY can be synthesized via a Liebeskind-Srogl cross-linking reaction and a process similar to SNAr [23]. In the first step of preparing Biellmann's BODIPY, pyrrole is reacted with thiophosgene to produce thioketone (Figure 4). Next, the thiokene is reacted with CH_3I, and as a final step, treated with a tertiary amine and complexed with $BF_3{\cdot}OEt_2$ to obtain 8-thiomethyl BODIPY. In another step of the reaction, the thiomethyl group is replaced with aniline to obtain 8-(anilino) compounds.

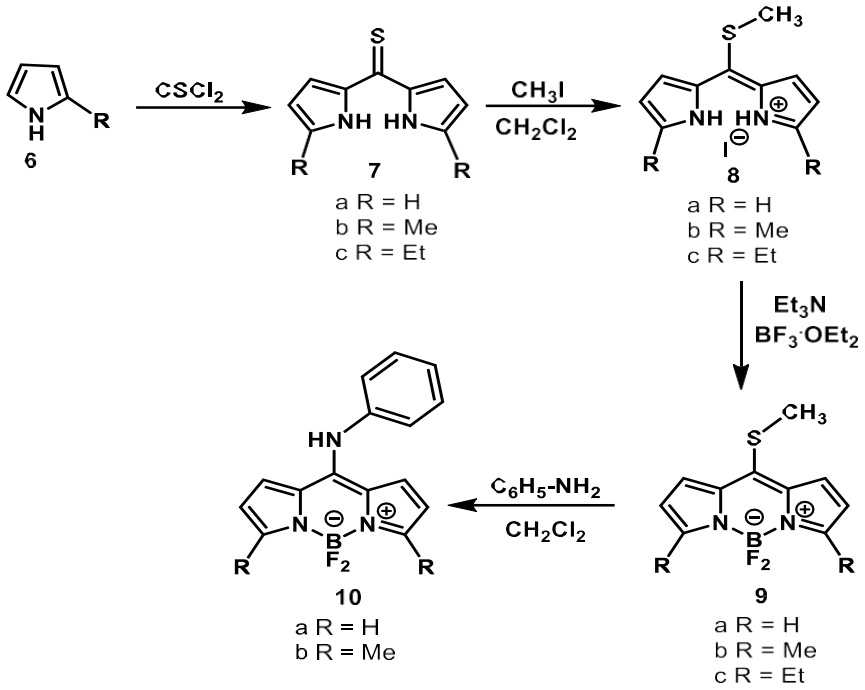


Figure 4. Synthesis of 8-thiomethyl and 8-anilino BODIPYs.

Liebeskind–Srogl cross-linking reactions (LSCC) can be described as a new member of transition metal-catalyzed cross-linking reactions [23]. LSCC has been used to functionalize the meso position of 8-thiomethyl BODIPY [24]. For this reason, the thiomethyl group is an efficient leaving group in both Pd-catalyzed reactions and S_NAr-like reactions. Thanks to this property, it has become an important starting material for many reactions [25], (Figure 5)

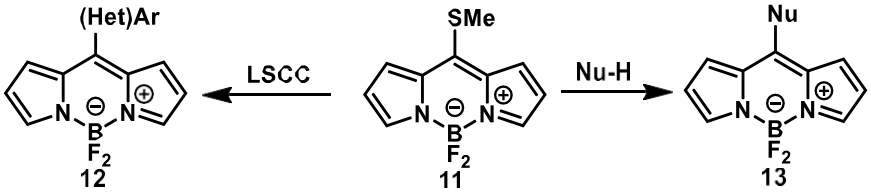


Figure 5. Reactions of 8-thiomethyl BODIPY.

Many research groups have used 8-thiomethyl BODIPY in their various studies. Peña-Cabrera and colleagues, along with several other research groups, have pioneered the preparation of meso-substituted BODIPY derivatives using 8-thiomethyl BODIPY as a starting material via the LSCC method [25-32]. Thus, they have obtained a wide variety of complex BODIPY systems under mild reaction conditions. Another advantage of Biellmann BODIPY is that the thiomethyl (-SCH_3) group at the meso position is a good leaving group for the preparation of N- and O-based nucleophiles. In our initial study, we obtained meso-anilino BODIPY by reacting of the -SCH_3 group with aniline in CH_2Cl_2 [22]. In subsequent studies led by Osorio-Martínez and several different research groups, meso-substituted aminoBODIPY compounds were synthesized using 8-thiomethylBODIPY [33-37] Thus opened the way for the synthesis of many new meso-substituted amino BODIPY derivatives, such as meso-anilino BODIPY and 8-thiomethyl BODIPY. The amino group in meso-substituted amino BODIPYs affects the electronic properties of the derivatives. While meso-aryl BODIPY derivatives show absorption in the red region, meso-substituted amino BODIPYs absorb and emit in the blue spectral region. For this reason, blue light-emitting meso-substituted amino BODIPYs function as laser dyes with very high fluorescence quantum yields and large Stokes shifts.

8-Thiomethyl BODIPY enables the incorporation of various -C, -N, and -O nucleophiles at the meso position through both the Liebeskind–Srogl coupling and S_NAr pathways. In a separate work conducted by Esnal and co-workers, meso-alkoxy and meso-aryloxy BODIPY derivatives were prepared by reacting 8-thiomethyl BODIPY with alcohols under basic conditions in the presence of Cu(I). Moreover, natural product units such as eugenol, menthol, cholesterol, and estrone were successfully conjugated to the 8-thiomethyl BODIPY core. These derivatives exhibited strong fluorescence and serve as effective biological probes. In a further study by the same group, a phosphorus functionality was introduced at the meso position. Collectively, these investigations yielded compounds capable of absorption and emission spanning from the blue region to the visible and near-infrared regions [38-39].

Conclusions

BODIPY compounds find extensive application due to their high photochemical and electrochemical stability, fluorescence properties, high quantum yields, high absorption/emission characteristics, and exceptional properties in biological systems. The easy modification of BODIPY derivatives under different reaction conditions and the development of environmentally friendly derivatives shed light on many promising studies.

8-Thiomethyl BODIPY, which we synthesized in 2006, is one of the important compounds that has paved the way for scientific advancements. Many studies have been conducted on it to date, some of which are mentioned here. 8-Thiomethyl BODIPY has significant potential for many applications due to its optical and photochemical properties. The ease with which

the 8-methylthio group located at the meso position can be derivatized under different reaction conditions and its use in a wide variety of applications further highlights the importance of this compound. Furthermore, 8-thiomethyl BODIPY has been commercialized without the knowledge of its synthesis precursors and is included in numerous patents.

REFERENCES

[1] Treibs,A.,&Kreuzer,F.H.(1968).Difluorborylkomplexe von diund tripyrrylmethen-en. Justus Liebigs Annalen der Chem,718(1),208-223. https://doi.org/10.1002/jlac.19687180119

[2] Li, S., Li, Y., Zhang, S., Fang, H., Huang, Z., Zhang, D., Ding, A., Uvdal, K., Hu, Z., Huang, K., & Li, L. (2024). Response strategies and biological applications of organic fluorescent thermometry: cell-and mitochondrion-level detection. Analytical Methods, 16(14), 1968-1984. https://doi.org/10.1039/D4AY00117F

[3] Feng, W., Lu, S., Wu, Y., Li, X., Han, D., Zhao, Y., Tian, W., & Yan, H. (2025). Achieving controllable thermochromic fluorescence via synergistic intramolecular charge transfer and molecular packing. Angewandte Chemie International Edition, 64(4), e202415815. https://doi.org/10.1002/anie.202415815

[4] Cugnasca, B. S., Duarte, F., Santos, H. M., Capelo-Martínez, J. L., Bértolo, E., Dos Santos, A. A., & Lodeiro, C. (2024). Ammonia and temperature sensing applications using fluorometric and colorimetric microparticles and polymeric films doped with BODIPY-emitters. Microchimica Acta, 191(12), 746. https://doi.org/10.1007/s00604-024-06814-2

[5] Wang, H., Wu, Y., Shi, Y., Tao, P., Fan, X., Su, X., & Kuang, G. C. (2015). BODIPY-based fluorescent thermometer as a lysosome-targetable probe: how the oligo (ethylene glycols) compete photoinduced electron transfer. Chemistry–A European Journal, 21(8), 3219-3223. https://doi.org/10.1002/chem.201405853

[6] Awuah, S. G., & You, Y. (2012). Boron dipyrromethene (BODIPY)-based photosensitizers for photodynamic therapy. Rsc Advances, 2(30), 11169-11183. https://doi.org/10.1039/C2RA21404K

[7] Kamkaew, A., Lim, S. H., Lee, H. B., Kiew, L. V., Chung, L. Y., & Burgess, K. (2013). BODIPY dyes in photodynamic therapy. Chemical Society Reviews, 42(1), 77-88. https://doi.org/10.1039/C2CS35216H

[8] Kowada, T., Maeda, H., & Kikuchi, K. (2015). BODIPY-based probes for the fluorescence imaging of biomolecules in living cells. Chemical Society Reviews, 44(14), 4953-4972. https://doi.org/10.1039/C5CS00030K

[9] Ni, Y., & Wu, J. (2014). Far-red and near infrared BODIPY dyes: synthesis and applications for fluorescent pH probes and bio-imaging. Organic & Biomolecular Chemistry, 12(23), 3774-3791. https://doi.org/10.1039/C3OB42554A

[10] Singh, S. P., & Gayathri, T. (2014). Evolution of BODIPY dyes as potential sensitizers for dye-sensitized solar cells. European Journal of Organic Chemistry, 2014(22), 4689-4707. https://doi.org/10.1002/ejoc.201400093

[11] Lu, H., Mack, J., Yang, Y., & Shen, Z. (2014). Structural modification strategies for the rational design of red/NIR region BODIPYs. Chemical Society Reviews, 43(13), 4778-4823. https://doi.org/10.1039/C4CS00030G

[12] Ulrich, G., Ziessel, R., & Harriman, A. (2008). The chemistry of fluorescent BODIPY dyes: versatility unsurpassed. Angewandte Chemie International Edition, 47(7), 1184-1201. https://doi.org/10.1002/anie.200702070

[13] Boens, N., Leen, V., & Dehaen, W. (2012). Fluorescent indicators based on BODIPY.Chemical Society Reviews, 41(3), 1130-1172. https://doi.org/10.1039/C1CS15132K

[14] Derin, Y., Yılmaz, R. F., Baydilek, I. H., Atalay, V. E., Özdemir, A., & Tutar, A. (2018). Synthesis, electrochemical/photophysical properties and computational investigation of 3, 5-dialkyl BODIPY fluorophores. Inorganica Chimica Acta, 482, 130-135. https://doi.org/10.1016/j.ica.2018.06.006

[15] Yilmaz, R. F., Derin, Y., Misir, B. A., Atalay, V. E., Tutar, Ö. F., Ökten, S., & Tutar, A. (2023). Synthesis and spectral properties of symmetrically arylated BODIPY dyes: Experimental and computational approach. Journal of Molecular Structure, 1291, 135962. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.135962

[16] Ziessel, R., Ulrich, G., & Harriman, A. (2007). The chemistry of BODIPY: A new El Dorado for fluorescence tools. New Journal of Chemistry, 31(4), 496-501. https://doi.org/10.1039/B617972J

[17] Benniston, A. C., & Copley, G. (2009). Lighting the way ahead with boron dipyrromethene (BODIPY) dyes. Physical Chemistry Chemical Physics, 11(21), 4124-4131. https://doi.org/10.1039/B901383K

[18] Loudet, A., & Burgess, K. (2007). BODIPY dyes and their derivatives: syntheses and spectroscopic properties. Chemical Reviews, 107(11), 4891-4932. https://doi.org/10.1021/cr078381n

[19] Wood, T. E., & Thompson, A. (2007). Advances in the chemistry of dipyrrins and their complexes. Chemical Reviews, 107(5), 1831-1861. https://doi.org/10.1021/cr050052c

[20] Wagner, R. W., & Lindsey, J. S. (1996). Boron-dipyrromethene dyes for incorporation in synthetic multi-pigment light-harvesting arrays. Pure and Applied Chemistry, 68(7), 1373. https://doi.org/10.1351/pac199668071373

[21] Lakshmi, V., Sharma, R., & Ravikanth, M. (2016). Functionalized boron-dipyrromethenes and their applications. Reports in Organic Chemistry, 1-24. https://doi.org/10.2147/ROC.S60504

[22] Goud, T. V., Tutar, A., & Biellmann, J. F. (2006). Synthesis of 8-heteroatom-substituted 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indacene dyes (BODIPY). Tetrahedron, 62(21), 5084-5091. https://doi.org/10.1016/j.tet.2006.03.036

[23] Prokopcova, H., & Kappe, C. O. (2009). The Liebeskind–Srogl C-C Cross-Coupling Reaction. Angewandte Chemie International Edition, 48(13), 2276-2286. https://doi.org/10.1002/anie.200802842

[24] Tutar, A., Erenler, R., & Biellmann, J. F. (2013). Synthesis of 8-substituted 4,4-difluoro-4-bora-3a,4a-diaza-s-indacene Dyes (BODIPY). Journal of The Chemical Society of Pakistan, 35, 1197-1201.

[25] Peña-Cabrera, E., Aguilar-Aguilar, A., González-Domínguez, M., Lager, E., Zamudio-Vázquez, R., Godoy-Vargas, J., & Villanueva-García, F. (2007). Simple, general,

and efficient synthesis of meso-substituted borondipyrromethenes from a single platform. Organic Letters, 9(20), 3985-3988. https://doi.org/10.1021/ol7016615

[26] Martinez-Gonzalez, M. R., Urías-Benavides, A., Alvarado-Martínez, E., Lopez, J. C., Gómez, A. M., del Rio, M., Garcia, I., Costela, A., Bañuelos, J., Arbeloa, T., Lopez Arbeloa, I., & Peña-Cabrera, E. (2014). Convenient access to carbohydrate–bodıpy hybrids by two complementary methods ınvolving one-pot assembly of "clickable" BODIPY dyes. European Journal of Organic Chemistry, 2014(26), 5659-5663. https://doi.org/10.1002/ejoc.201402767

[27] Arroyo, I. J., Hu, R., Tang, B. Z., López, F. I., & Peña-Cabrera, E. (2011). 8-Alkenylborondipyrromethene dyes. General synthesis, optical properties, and preliminary study of their reactivity. Tetrahedron, 67(38), 7244-7250. https://doi.org/10.1016/j.tet.2011.07.067

[28] Roacho, R. I., Metta-Magaña, A. J., Peña-Cabrera, E., & Pannell, K. H. (2013). Synthesis, structural characterization, and spectroscopic properties of the ortho, meta, and para isomers of 8-($HOCH_2$-C_6H_4)-BODIPY and 8-($MeOC_6H_4$)-BODIPY. Journal of Physical Organic Chemistry, 26(4), 345-351. https://doi.org/10.1002/poc.3095

[29] Arroyo, I. J., Hu, R., Merino, G., Tang, B. Z., & Peña-Cabrera, E. (2009). The smallest and one of the brightest. Efficient preparation and optical description of the parent borondipyrromethene system. The Journal of Organic Chemistry, 74(15), 5719-5722. https://doi.org/10.1021/jo901014w

[30] Betancourt-Mendiola, L., Valois-Escamilla, I., Arbeloa, T., Banuelos, J., Lopez Arbeloa, I., Flores-Rizo, J. O., Hu, R., Lager, E., Gómez-Durán, C. F. A., Belmonte-Vázquez, J. L., Martínez-González, M. R., Arroyo, I. J., Osorio-Martínez, C. A., Alvarado-Martínez, E., Urías-Benavides, A., Gutiérrez-Ramos, B. D., Tang, B. Z., & Pena-Cabrera, E. (2015). Scope and limitations of the liebeskind–srogl cross-coupling reactions involving the Biellmann BODIPY. The Journal of Organic Chemistry, 80(11), 5771-5782. https://doi.org/10.1021/acs.joc.5b00731

[31] Zhao, N., Vicente, M. G. H., Fronczek, F. R., & Smith, K. M. (2015). Synthesis of 3,8-Dichloro-6-ethyl-1,2,5,7-tetramethyl–BODIPY from an asymmetric dipyrroketone and reactivity studies at the 3, 5, 8-positions. Chemistry–A European Journal, 21(16), 6181-6192. https://doi.org/10.1002/chem.201406550

[32] Gutiérrez-Ramos, B. D., Bañuelos, J., Arbeloa, T., Arbeloa, I. L., González-Navarro, P.E., Wrobel, K., Cerdán, L., García-Moreno, I.,Costela, A.,& Peña-Cabrera, E. (2015). Straightforward synthetic protocol for the introduction of stabilized C nucleophiles in the BODIPY core for advanced sensing and photonic applications. Chemistry–A European Journal, 21(4), 1755-1764. https://doi.org/10.1002/chem.201405233

[33] Osorio-Martínez, C.A., Urías-Benavides A., Gomez-Duran, C.A., Bañuelos, J., Esnal, I., Lopez Arbeloa, I., & Peña-Cabrera, E. (2012). 8-AminoBODIPYs: Cyanines or hemicyanines? The effect of the coplanarity of the amino group on their optical properties. The Journal of Organic Chemistry, 77(12), 5434-5438. https://doi.org/10.1021/jo300724m

[34] Ma, D.H., Kim, D., Akisawa, T., Lee, K.H., Kim, K.T., & Ahn, K.H. (2015). An FITC-BODIPY FRET couple: application to selective, ratiometric detection and bioimaging of cysteine. Chemistry–An Asian Journal, 10(4), 894-902. https://doi.org/10.1002/asia.201403073

[35] Gómez-Durán, C. F. A., García-Moreno, I., Costela, A., Martin, V., Sastre, R., Bañuelos, J., Arbeloa, F. L., Arbeloa, I. L., & Peña-Cabrera, E. (2010). 8-Propargylamino BODIPY: unprecedented blue-emitting pyrromethene dye. Synthesis, photophysics and laser properties. Chemical Communications, 46(28), 5103-5105. https://doi.org/10.1039/C0CC00397B

[36] Bañuelos, J., Martín, V., Gómez-Durán, C. F. A., Córdoba, I. J. A., Peña-Cabrera, E., García-Moreno, I., Costela, A., Pérez-Ojeda, M. E., Arbeloa, T., & Arbeloa, I. L. (2011). New 8-Amino-BODIPY derivatives: Surpassing laser dyes at blue-edge wavelengths. Chemistry–A European Journal, 17(26), 7261-7270.https://doi.org/10.1002/chem.201003689

[37] Esnal, I., Urías-Benavides, A., Gómez-Durán, C. F. A., Osorio-Martínez, C. A., García-Moreno, I., Costela, A., Bañuelos, J., Epelde, N., Arbeloa, I. F., Hu, R., Tang, B. Z., & Peña-Cabrera, E. (2013). Reaction of amines with 8-MethylthioBODIPY: Dramatic optical and laser response to amine substitution. Chemistry–An Asian Journal, 8(11), 2691-2700. https://doi.org/10.1002/asia.201300760

[38] Flores-Rizo, J. O., Esnal, I., Osorio-Martínez, C. A., Gomez-Duran, C. F., Banuelos, J., Arbeloa, I. L., Pannell, K. H., Metta-Magaña, A. J., & Pena-Cabrera, E. (2013). 8-Alkoxy-and 8-aryloxy-BODIPYs: straightforward fluorescent tagging of alcohols and phenols. The Journal of Organic Chemistry, 78(12), 5867-5877. https://doi.org/10.1021/jo400417h

[39] Esnal, I., Valois-Escamilla, I., Gómez-Durán, C. F. A., Urías-Benavides, A., Betancourt-Mendiola, M. L., Arbeloa, I. L., Bañuelos, J., García-Moreno, I., Costela, A., & Peña-Cabrera, E. (2013). Blue-to-orange color-tunable laser emission from tailored boron-dipyrromethene dyes. ChemPhysChem, 14(18), 4134-4142. https://doi.org/10.1002/cphc.201300818

PHOTOVOLTAIC MATERIALS FOR SOLAR ENERGY

Yagubov N., Sultanova A., Ganbarova G., Jafarov Y., Aliyeva K., Allahverdiyeva A.
[1]Baku State University
aytansultanova@bsu.edu.az

Açar sözlər: *Fotovoltaik effekt, yarımkeçirici material, zolaq boşluğu, nazik film texnologiyası.*

Ключевые слова: *Фотовольтаический эффект, полупроводниковые материалы, зонная щель, тонкопленочная технология.*

Keywords: *Photovoltaic effect, semiconductor materials, bandgap, thin-film technology.*

İntroduction: The rapid growth of energy demand and the environmental problems caused by conventional fuel sources have made the development of renewable energy technologies essential. Solar energy is one of the most promising sources in this regard. The direct conversion of solar radiation into electrical energy occurs based on the photovoltaic effect.

The practical development of modern solar cells accelerated in the mid-20th century, and semiconductor materials form the foundation of these photovoltaic systems. These

materials absorb light energy, generate electron–hole pairs (excitons), and produce electric current through an internal electric field. The photovoltaic process is based on the energy band structure of semiconductors. The energy difference between the valence band and the conduction band is called the bandgap. When the energy of an incident solar photon exceeds this bandgap, an electron transitions to the conduction band, creating a free charge carrier.

The efficiency of solar cells is determined by the following parameters:

Bandgap width (optimal ~1.1–1.5 eV)

Absorption coefficient

Carrier lifetime and mobility

Recombination rate

An optimal bandgap allows absorption of the maximum portion of the solar spectrum. Since crystalline silicon is the main photovoltaic material, approximately 90–95% of solar panels worldwide are silicon-based. Silicon solar cells are produced in two main forms: monocrystalline and polycrystalline silicon.

Monocrystalline cells are characterized by higher efficiency (20–24%) and long service life (>25 years). The main advantages of silicon include high stability, abundant raw material resources, and a well-developed industrial infrastructure.

However, due to the high energy consumption required in silicon production, the synthesis of GeSe- and SrSe-based semiconductor materials has been proposed and practically implemented. Layered (thin-film) crystals of the binary compound GeSe have been successfully obtained. Thin-film technologies aim to reduce material consumption and production costs. To increase the energy storage capability (carrier lifetime) of the material, antimony (Sb) was introduced as a dopant into binary compounds, while bismuth (Bi) was added to enhance electrical conductivity. Due to their high absorption coefficients, these materials can operate effectively even in very thin layers. Their advantages include low material consumption, applicability on flexible substrates, and stable performance at high temperatures. At the same time, the GeAs photovoltaic material was synthesized and demonstrated an efficiency higher than 25–28% under laboratory conditions. When doped with 0.05% Sb and 0.06% Bi, improvements in both energy storage capacity and electrical conductivity were observed. This material is mainly used in space technologies; however, its high cost limits its broader economic application. Single crystals of these materials were obtained using the Bridgman and Czochralski methods. Thin films of GeSe were deposited by the chemical vapor deposition method.

The following directions are considered priorities in the development of photovoltaic systems: Creation of multi-junction structures

Increasing light trapping through surface texturization

Reducing recombination losses

Integration of nanomaterials

Photovoltaic materials play a significant role in reducing carbon emissions. Solar energy does not emit greenhouse gases during operation and ensures long-term energy security. Modern research focuses on developing cheaper, more efficient, and more durable materials.

Conclusion: The conducted analysis shows that the development of photovoltaic materials plays a key role in the transformation of the energy sector. Although silicon technology currently holds a dominant position, thin-film and perovskite-based systems may

increase their market share in the future. Increasing efficiency, reducing production costs, and improving material stability remain the main scientific challenges in this field. Contemporary research continues in the direction of multi-junction structures, new semiconductor compounds, and nanomaterial integration.

REFERENCES

1. Goetzberger, A., Knobloch, V., Rauschenbach, B. V. L.Solar Cell Materials: Developing Technologies. Wiley−VCH, Vol.1, p. 25–74.

2. Park, N.G**.**Perovskite Solar Cells: An Emerging Photovoltaic Technology. *Materials Today*, Vol. 21, Issue 2, p. 123–134.

3. Ho-Baillie, A., & Green,M.A**.**Status of Crystalline Silicon Solar Cells. *Journal of Applied Physics*, Vol. 122, Issue 12, p. 123–145.

4. Al-Ezzi, A.S., Ansari.Photovoltaic Solar Cells: A Review. *Applied System Innovations*, Vol. 5, Issue 4, p. 1–20

ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Ягубов Н., Султанова А., Ганбарова Г., Джафаров Я., Алиева К., Аллахвердиева А.

Резюме

В статье анализируются типы фотovoltаических материалов, используемых для преобразования солнечной энергии в электрическую, их физические принципы, методы синтеза и основные параметры, влияющие на эффективность. Кристал-лический кремний, тонкопленочные полупроводники, соединения группы III–V и перовскитовые структуры рассматриваются сравнительно, а также представлены их преимущества и ограничения. Также обсуждаются современные тенденции развития и их роль в системах устойчивой энергетики.

GÜNƏŞ ENERJISI ÜÇÜN FOTOVOLTAIK MATERIALLAR

Yaqubov N., Sultanova A., Qənbərova G., Cəfərov Y., Əliyeva K., Allahverdiyeva Ə.

Xülasə

Günəş enerjisini elektrik enerjisinə çevirmək üçün istifadə olunan fotovoltaik material-ların növləri, onların fiziki prinsipləri, sintez üsulları və effektivliyə təsir edən əsas parametrlər təhlil olunur. Kristal silisium, nazik film yarımkeçiricilər, III–V qrupu birləş-mələri və perovskit strukturlar müqayisəli şəkildə nəzərdən keçirilir, onların üstünlükləri və məhdudiyyətləri təqdim olunur. Həmçinin müasir inkişaf tendensiyaları və onların davamlı enerji sistemlərində rolu müzakirə edilir.

PHOTOVOLTAIC MATERIALS FOR SOLAR ENERGY

Yagubov N., Sultanova A., Ganbarova G., Jafarov Y., Aliyeva K., Allahverdiyeva A.

Summary

The article analyzes the types of photovoltaic materials used for converting solar energy into electrical energy, their physical principles, synthesis methods, and the main parameters affecting efficiency. Crystalline silicon, thin-film semiconductors, III–V group compounds, and perovskite structures are comparatively examined, and their advantages and

limitations are presented. Modern development trends and their role in sustainable energy systems are also discussed.

MEXANİKİ LEGİRLƏMƏ ÜSULU İLƏ HAZIRLANMIŞ METAL ƏSASLI KOMPOZİTLƏRDƏ ARMİRLƏYİCİ KOMPONENTLƏRİN MİKROSTRUKTUR VƏ XASSƏLƏRƏ TƏSİRİ

Hüseynov T.R., Ismayilzadeh E.J.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
thuseynov470@gmail.com

Açar sözlər: *mexaniki legirləmə, ovuntu metallurgiyası, kompozitlər, mikrobərklik, yeyilmə və sürtünmə*

Keywords: *mechanical alloying, powder metallurgy, composites, microhardness, friction and wear.*

Ключевые слова: *Механическое легирование, порошковая металлургия, композиты, микротвердость, трение и износ*

Mexaniki legirləmə üsulu metal və möhkəmləndirici fazaların yüksək enerji təsiri altında homogen qarışdırılmasına, hissəcik ölçüsünün xırdalanmasına və dispers strukturun formalaşdırılmasına imkan verən perspektivli texnoloji yanaşmadır. Proses zamanı hissəciklər davamlı olaraq deformasiyaya uğrayır, qırılır və yenidən birləşir [1]. Nəticədə homogen, xırda dənəli və bəzən nanometr ölçülü struktur formalaşır ki, bu da materialın mexaniki xassələrinin əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşmasına səbəb olur. Metal əsaslı kompozitlər əsasən iki hissədən ibarətdir: metal əsas matrisa və armirləyici faza [2]. Əsas material kimi adətən alüminium, mis və ya maqnezium istifadə olunur. Armirləyici komponentlər isə daha bərk və dayanıqlı maddələrdən – məsələn, silisium karbid, alüminium dioksid, titan karbid və bor karbid kimi keramika hissəciklərindən ibarət olur. Bu komponentlər kompozitin ümumi xassələrini yaxşılaşdırmaq üçün əlavə edilir.

Armirləyici komponentlərin mikrostruktura təsiri çoxşaxəlidir. Mexaniki legirləmə zamanı bu hissəciklər dislokasiyaların hərəkətini məhdudlaşdırır və nəticədə daha xırda dənəli struktur yaranır. Digər tərəfdən, armirləyici hissəciklərin əsas material daxilində bərabər paylanması çox vacibdir. Əgər hissəciklər homogen şəkildə paylanarsa, materialın xassələri sta və etibarlı olur. Əks halda, yəni yığılma baş verərsə, lokal zəif sahələr yaranır və bu da materialın möhkəmliyini azalda bilər. Armirləyici komponentlərin materialın mexaniki xassələrinə təsiri də çox əhəmiyyətlidir [3]. Onların əlavə olunması nəticəsində möhkəmlik və bərklik artır [4]. Bu əsasən dislokasiyaların hərəkətinin çətinləşməsi və hissəciklərin maneə rolunu oynaması ilə bağlıdır. Eyni zamanda, kompozit materialların yeyilməyədavamlılığı da əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlir, çünki keramika əsaslı armirləyici hissəciklər sürtünməyə qarşı çox dayanıqlıdır. Bununla belə, bu cür kompozitlərdə plastik deformasiya qabiliyyəti adətən azalır, çünki sərt hissəciklər materialın kövrəkliyini artırır. Armirləyici komponentlərin mövcudluğu istilik keçiriciliyini müəyyən qədər azalda bilər, lakin yüksək temperaturda materialın stabilliyi və deformasiyaya qarşı müqaviməti artır.

Bu araşdırma üçün matris materialı kimi hissəcik ölçüsü 20–80 μm olan Al tozu, möhkəmləndirici fazalar kimi isə 10–40 μm ölçülü SiC, 1–120 μm ölçülü Al_2O_3 və <50 μm

ölçülü qrafit istifadə edilmişdir. Al, Al–SiC, Al–Al_2O_3 və Al–qrafit tərkibli kompozitlər mexaniki legirləmə üsulu ilə hazırlanmışdır. Başlanğıc tozlar tələb olunan kütlə paylarına uyğun çəkilmiş, homogen qarışdırılmış və yüksək enerjili kürəli dəyir-manda argon mühitində, 300 rpm sürətdə, 6 saat müddətində, 10:1 kürəcik/ovuntu nisbətində üyüdülmüşdür. Alınmış ovuntular daha sonra 500 MPa təzyiq altında preslən-miş və 580 °C-də 1,5 saat sinterlənərək kompakt nümunələr əldə edilmişdir. (Cədvəl 1).

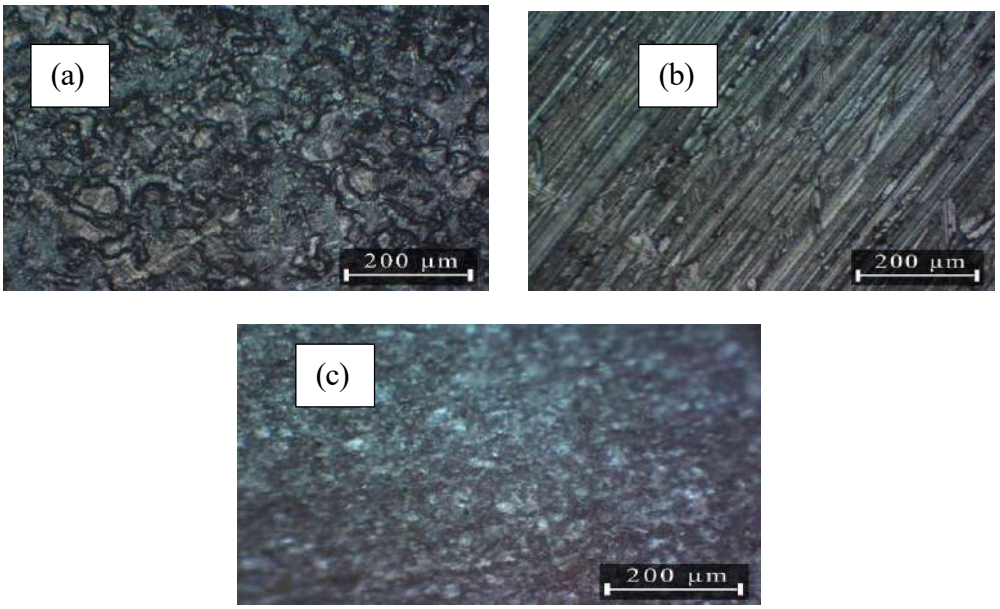
Alınmış nümunələrin yeyilməyə davamlılığı quru sürtünmə rejimində "barmaqcıq-disk" mexanizmi üzrə MMW-1 tribometrində öyrənilmişdir. Sınaqlar 10 N yük, 0.2 m/s sürüşmə sürəti və 1000 m sürüşmə məsafəsi şəraitində aparılmışdır. Nümunələrin mikro-bərkliyini müəyyən etmək üçün isə mikrobərklik ölçmələri HV0.5 (0.5 kq·q) yüklə və 10–15 san. saxlanma müddətində aparılmışdır. Alınan nəticələr əsasında armirləyici fazaların kompozitlərin yeyilmə davamlılığına və bərkliyinə təsiri təhlil edilmişdir.

Şək.-də AmScope optik mikroskopu ilə çəkilmiş təsvirlərdə Al + qrafit, Al + Al_2O_3 və Al + SiC kompozitlərinin yeyilmə səthlərinin morfologiyası göstərilmişdir. Al + qrafit kompozitində səth nisbətən qeyri-bərabər və plastiki deformasiya izləri ilə xarakterizə olunur. Səthdə yayılmış ləkəli görünüşlü təbəqə və lokal yapışma sahələri qrafitin bərk sürtkü kimi təsiri ilə əlaqələndirilə bilər.

Cədvəl 1.

Mexaniki legirləmədə istifadə olunan armirləyici komponentlər və onların hissəcik ölçüləri.

İstifadə edilən materiallar	Hissəciklərin ölçüsü
Al	20–80 μm
Al + SiC	Al: 20–80 μm; SiC: 10–40 μm
Al + Al_2O_3	Al: 20–80 μm; Al_2O_3: 1–120 μm
Al + qrafit	Al: 20–80 μm; qrafit: <50 μm



Şəkil 1. . a) Al + qrafit, b) Al + Al_2O_3 və c) Al + SiC kompozitlərinin yeyilmə səthləri.

Bu hal sürtünməni azaltmağa kömək etsə də, səthdə yumşaq deformasiya zonalarının yaranmasına səbəb olmuşdur. Al + Al_2O_3 kompozitində isə uzununa istiqamətlənmiş dərin və aydın cızıq izləri müşahidə olunur ki, bu da əsasən abraziv yeyilmə mexanizminin üstün olduğunu göstərir. Bərk Al2O3hissəcikləri və ya qopmuş aşındırıcı fraqmentlər qarşı səthdə

mikro-kəsmə və şırımlanma yaratmışdır. Al + SiC kompozitinin yeyilmə səthi digər nümunələrlə müqayisədə daha homogen və daha incə teksturalıdır; dərin şırımların azlığı və səthin nisbətən kompakt görünməsi yeyilmə prosesinin daha sabit getdiyini göstərir. Bu morfologiya SiC hissəciklərinin matrisi möhkəmləndirməsi və səthdə daha davamlı qoruyucu təbəqənin formalaşması ilə izah oluna bilər. Ümumilikdə, səth morfologiyası Al + Al_2O_3 kompozitində abraziv yeyilmənin daha qabarıq, Al + qrafit kompozitində isə yapışma və plastiki yayılmanın daha xarakterik olduğunu, Al + SiC kompozitində isə nisbətən daha sabit və az zədələnmiş yeyilmə səthinin formalaşdığını göstərir.

Nəticələr göstərir ki, ən aşağı bərklik təmiz Al nümunəsində müşahidə olunur. Qrafit əlavəsi olan kompozitdə bərklik yalnız az miqdarda artır (Cədvəl 2). Bu mexaniki legirləmə nəticəsində strukturun müəyyən qədər xırdalanması ilə əlaqədar olsa da, qrafitin yumşaq faza olması bərkliyin ciddi yüksəlməsinə imkan vermir.

Keramik möhkəmləndiricilərdən istifadə edildikdə isə bərklik nəzərəçarpacaq dərəcədə artır. Xüsusilə Al + SiC və Al + Al_2O_3 kompozitlərində sərt hissəciklərin Al matrisi daxilində paylanması dislokasiya hərəkətini məhdudlaşdırır, plastik deformasiyanı çətinləşdirir və nəticədə mikrobərkliyi yüksəldir.

Cədvəl 2.

Mexaniki legirləmə üsulu ilə hazırlanmış Al əsaslı kompozitlərin mikrobərklik göstəriciləri.

Nümunə	Mikrobərklik, HV0.5	Al ilə müqayisədə dəyişmə, %
Al	36.2 ± 1.8	-
Al + qrafit	40.5 ± 2.1	+11.9
Al + SiC	61.8 ± 2.7	+70.7
Al + Al_2O_3	65.4 ± 2.9	+80.7

Ən yüksək bərklik Al+Al_2O_3 nümunəsində qeydə alınmışdır ki, bu da Al_2O_3 hissəciklərinin yüksək sərtliyi və matrisi daha effektiv möhkəmləndirməsi ilə izah oluna bilər.

ƏDƏBİYYAT

[1] Stalin, B., Meignanamoorthy, M. and Ravichandran, M., 2018, August. Synthesis of metal matrix composites and alloys by mechanical alloying: A Review. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 402, No. 1, p. 012097). IOP Publishing.

[2] Rofman, O.V., Prosviryakov, A.S., Kotov, A.D., Bazlov, A.I., Milovich, P.O., Karunakaran, G. and Mikhaylovskaya, A.V., 2022. Fabrication of AA2024/SiCp metal matrix composite by mechanical alloying. Metals and Materials International, 28(3), pp.811-822.

[3] Neikov, O.D., Naboychenko, S.S., Yefimov, N.A. and Neikov, O.D., 2019. Mechanical alloying. Handbook of Non-Ferrous Metal Powders, 2, pp.91-124.

[4] Fogagnolo, J.B., Velasco, F., Robert, M.H. and Torralba, J.M., 2003. Effect of mechanical alloying on the morphology, microstructure and properties of aluminium matrix composite powders. Materials Science and Engineering: A, 342(1-2), pp.131-143.

MEXANİKİ LEGİRLƏMƏ ÜSULU İLƏ HAZIRLANMIŞ METAL ƏSASLI KOMPOZİTLƏRDƏ ARMİRLƏYİCİ KOMPONENTLƏRİN MİKROSTRUKTUR VƏ XASSƏLƏRƏ TƏSİRİ

Hüseynov T.R., İsmayılzadə E.C.

Xülasə

Məqalədə mexaniki legirləmə üsulu ilə hazırlanmış Al əsaslı kompozitlərdə armirləyici komponentlərin mikrostruktur və xassələrə təsiri araşdırılmışdır. Al matrisi üçün SiC, Al_2O_3 və qrafit əlavələri istifadə edilmiş, alınmış nümunələr preslənmiş və sinterlənmişdir. Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, armirləyici fazanın növü kompozitlərin mikrobərkliyinə, yeyilmə davamlılığına və səth morfologiyasına əhəmiyyətli təsir edir. Keramik əlavələr, xüsusilə Al_2O_3 və SiC, bərkliyin və yeyilmə davamlılığının artmasına səbəb olmuş, qrafit isə sürtünmənin azalmasına müsbət təsir göstərmişdir.

EFFECT OF REINFORCING COMPONENTS ON THE MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF METAL MATRIX COMPOSITES PREPARED BY MECHANICAL ALLOYING

Huseynov T.R., Ismayilzadeh E.J.

Summary

This paper investigates the effect of reinforcing components on the microstructure and properties of Al-based composites prepared by mechanical alloying. SiC, Al_2O_3, and graphite were used as reinforcements for the aluminum matrix, and the obtained samples were compacted and sintered. The results showed that the type of reinforcing phase significantly affects the microhardness, wear resistance, and surface morphology of the composites. Ceramic additives, especially Al_2O_3 and SiC, improved hardness and wear resistance, whereas graphite had a positive effect on reducing friction.

ВЛИЯНИЕ АРМИРУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

Гусейнов Т.Р., Исмаилзаде Э. Дж.

Резюме

В статье исследовано влияние армирующих компонентов на микроструктуру и свойства алюмоматричных композитов, полученных методом механического легирования. В качестве армирующих добавок к алюминиевой матрице использовались SiC, Al_2O_3 и графит; полученные образцы были спрессованы и спечены. Результаты исследования показали, что тип армирующей фазы сущес-твенно влияет на микротвердость, износостойкость и морфологию поверхности композитов. Керамические добавки, особенно Al_2O_3 и SiC, способствовали повышению твердости и износостойкости, тогда как графит положительно влиял на снижение трения.

XLORAMİN-B VƏ BUTİLAKRİLAT ƏSASINDA SİNTEZ EDİLMİŞ YENİ SULFAMİD EFİRLƏRİNİN ANTİMİKROB AKTİVLİYİNİN *İN VİTRO* TƏDQİQİ

Zeynalova L.F.

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti.

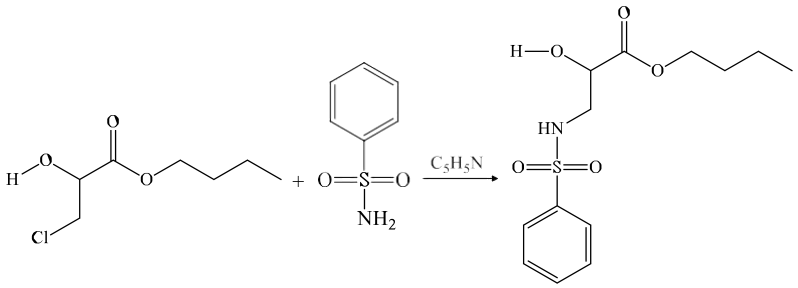
alximikseva@mail.ru

Açar sözlər: *Xloramin-B, sulfamid, butilakrilat, nikotinat efirləri, antimikrob aktivlik.*

Keywords: *Chloramine-B, sulfamide, butyl acrylate, nicotinate esters, antimicrobial activity.*

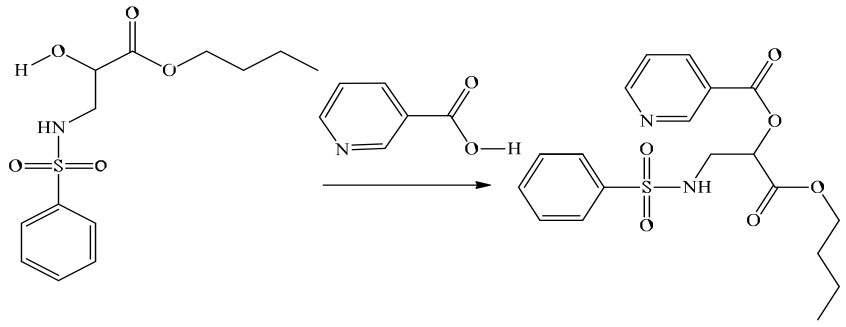
Ключевые слова: *Хлорамин-Б, сульфамид, бутилакрилат, никотинатные эфиры, антимикробная активность.*

Müəyyən edilmişdir ki, doymamış birləşmələrdə elektroakseptor qrupların olması xlorsulfamidləşmə reaksiyasının asan getməsinə səbəb olur. Bizim əvvəllər apardığımız tədqiqatlar [1-3] göstərmişdir ki, tərkibində funksional qruplar olan sulfamidlər yüksək bakterisid xassəyə malikdirlər. Tərkibində arilsulfamid fraqmenti ilə yanaşı hidroksil və efir qrupları olan sulfamid törəmələrinin sintezi və tədqiqi maraq kəsb edirdi. Proton həlledicidə xloramin-B ilə butilakrilat arasındakı reaksiya zamanı əmələ gələn xlorhidrin və β-xlorefir çox funksialı birləşmələrin sintezi üçün sintondur. Xlorhidrinin piridin iştirakı ilə benzolsulfanilamid ilə qarşılıqlı təsiri zamanı N-alkilləşmə baş verir:



(A)

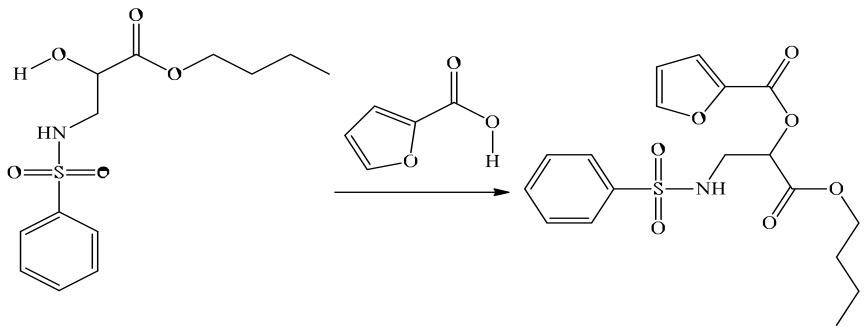
Sintez olunmuş birləşmənin (sinton A) tərkibindəki hidroksil qrupunun reaktivliyini öyrənmək və molekulun bioloji aktivlik spektrini genişləndirmək məqsədilə, strukturun nikotin və furan-2-karbon (piroslizə) turşuları ilə modifikasiyası həyata keçirilmişdir:



(1)

İkincili hidroksil qrupunun asilləşmə reaksiyalarına qarşı həssaslığı, bu mərkəzin farmakofor fraqmentlərin birləşdirilməsi üçün əlverişli bir sintetik mərkəz rolunu oynadığını göstərir. Nikotin turşusu (Vitamin B_3) qalığının mürəkkəb efir rabitəsi vasitəsilə struktura daxil edilməsi piridin halqasındakı azot atomu molekulun polyarlığını və hidrogen rabitəsi qurma qabiliyyətini artırır.

Struktura furan-2-karbon turşusu qalığının daxil edilməsi molekulun lipofillik xüsusiyyətlərini balanslaşdırmaq məqsədi daşıyır. Furan törəmələrinin bir çoxu antimikrob və antifungal aktivlik nümayiş etdirdiyi üçün, bu yeni efirin sintezi maddənin bakterial ştammlara qarşı effektivliyinin artırılmasına yönəlmişdir.



Sintonun tərkibindəki sterik maneələri və digər funksional qrupların rəqabətli reaksiyalarını nəzərə alaraq, turşuların karboksil qrupu tionil-xlorid vasitəsilə daha aktiv elektrofil mərkəzə (turşu xloridinə) çevrilmişdir: karboksil qrupunun tərkibindəki hidroksil (–OH) qrupu nukleofil əvəzlənmə mexanizmi üzrə xlor atomu ilə əvəz olunaraq, turşunu yüksək reaktivliyə malik olan nikotinil-xlorid formasına keçirir və ayrılan hidrogen-xloridin (HCl) təsiri ilə piridin halqasındakı azot atomu protonlaşaraq nikotinil-xlorid hidroxlorid duzunu əmələ gətirir. Strukturda baş verən bu dəyişikliklər karbonil karbonunun elektrofillik qabiliyyətini kəskin artırır ki, bu da növbəti mərhələdə sterik cəhətdən çətinlik törədən ikincili hidroksil qrupu ilə efirləşmə reaksiyasının yüksək çıxımla başa çatmasını təmin edir.

Təcrübi hissə

Məqsədli mürəkkəb efirlərin sintezi iki ardıcıl mərhələdə həyata keçirilmişdir: turşu xloridlərin hazırlanması və onların butil-2-hidroksi-3-(fenilsulfonamido) propanoat ilə asilləşməsi: Müvafiq karbon turşusu (nikotin turşusu və ya furan-2-karbon turşusu) və tionil-xlorid ilə 75-80°C temperaturda alınan nikotinil-xlorid hidroxlorid(və ya furoil-xlorid) əlavə təmizlənmədən növbəti mərhələdə istifadə olunur.

Butil-2-hidroksi-3-(fenilsulfonamido)propanoat (1 mmol) 10 ml quru piridində həll edilir. Məhlul buz hamamında 0°C-yə qədər soyudulur. Alınan məhlula əvvəlcədən hazırlanmış turşu xlorid (1.2 mmol) hissə-hissə əlavə edilir. Qarışığa otaq temperaturunda 18-24 saat ərzində intensiv qarışdırma şəraitində nəzarət edilir (NTX vasitəsilə). Reaksiya başa çatdıqdan sonra qarışığın üzərinə 50 ml buzlu su əlavə edilir. Məhsul dixlormetan (3 x 20 ml) ilə ekstraksiya olunur. Son məhsullar etilspirtində yenidən kristallaşdırma üsulu ilə təmizlənir. Sintez edilmiş birləşmələrin fiziki-kimyəvi xassələri cədvəl 1-də verilib.

Antimikrob xassələri

Sintez edilmiş yeni birləşmələr onların antibakterial xassələrinin (Cədvəl 2) müəyyən edilməsi məqsədilə *in vitro* şəraitdə qrammüsbət bakteriyaların nümayəndələri olan *Staphylococcus aureus* və *Bacillus subtilis*, habelə qrammənfi bakteriyaların nüma-yəndələri olan *Proteus vulgaris* və *Escherichia coli*-yə qarşı qiymətləndirilmişdir. İki standart antibiotik – Ampisillin və Gentamisin – referens preparat (istnad preparat) kimi istifadə edilmişdir.

Cədvəl 1.

Sintez edilmiş birləşmələrin fiziki-kimyəvi xassələri

Birləşmənin şifrəsi	Çıxım,%	$T_{ər,\ °C}$	Brutto formulu	Tapılıb Hesablanıb, %	
				N	S
1	2	3	4	5	6
Birləşmə 1	68,0	188-189	$C_{19}H_{22}N_2O_6S$	6.81 6.89	7.85 7.89
Birləşmə 2	72,0	154-155	$C_{18}H_{21}NO_7S$	3.42	8.0

				3.54	8.11

Həmçinin, onların göbələk əleyhinə potensialı göbələk ştammlarının reprezentativ paneli – *Aspergillus fumigatus* (iplikşəkilli göbələklər) və *Candida albicans* (mayalar) üzərində, bir standart antibiotik olan Amfoterisin B referens preparat kimi istifadə edilməklə araşdırılmışdır.

Birləşmələr 10 mq/ml (0.01 qram/ml) konsentrasiyasında, antimikrob aktivlik meyarı kimi inhibisiya zonasının diametri (mm-lə) istifadə edilməklə test edilmişdir. Nəticələr Cədvəl 2-də təqdim olunur. Alınan məlumatlara əsasən, test edilmiş yeni sintez olunmuş birləşmələr bu skrininq şəraitində dəyişkən *in vitro* antimikrob aktivlik göstərmişdir.

Cədvəl 2.

Sintez edilmiş birləşmələrin (1-2) antimikrob xassələri.

Birləşmələr	Göbələk ştammları		Qrammüsbət bakteriyalar		Qrammənfi bakteriyalar	
	C. albicans ATCC 10231	A. fumigatus RCMB 002568	S. Aureus RCMB 010012	B. subtilis NRRL B-543	Proteus vulgaris ATCC 13315	E. coli ATCC 25955
Birl.1	24,9±1.1	24.8±1.1	21.1±1.3	19±0.6	24.6±1.4	29.8 ±0.3
Birl.2	20.4±1.2	19.1±1.0	20.4±1.2	17.2±0.8	16.1±0.6	21.4±0.7
Amphotricin B	25.7±1.3	24.8±1.4	-	-	-	-
Ampicillin	-	-	27.8±0.6	26.4±0.7	-	-
Gentamycin	-	-	-	-	25.7±0.9	29.6±1.3

Sintez edilmiş birləşmələr arasında birləşmə 1 həm antibakterial, həm də antifunqal aktivlik baxımından yüksək potensial nümayiş etdirmişdir. Xüsusilə, bu birləşmənin *E. coli* (29.8±0.3 mm) və *A. fumigatus* (24.8±1.1 mm) ştammlarına qarşı effektivliyi, etalon preparatlar olan Gentamisin və Amfoterisin B-nin göstəriciləri ilə ekvivalentdir.

Birləşmə 1 və 2 arasındakı aktivlik fərqi onların strukturundakı heterotsiklik fraqmentlərlə izah olunur. Birləşmə 1-dəki piridin halqası və azot atomu, maddənin mikrob hüceyrəsinin metabolik proseslərinə daha asan daxil olmasına və fermentativ sistemlərlə effektiv qarşılıqlı təsirinə şərait yaradır. Piridin nüvəsinin farmakofor xassəsi bu yüksək effekti şərtləndirən əsas amildir.

Birləşmə 2-dəki furan-2-karbon turşusu qalığı isə piridin törəməsi ilə müqayisədə bütün ştammlar üzrə orta hesabla 20-30% daha zəif nəticə göstərmişdir. Qrammüsbət bakteriyalara qarşı hər iki maddə mülayim aktivlik nümayiş etdirsə də, qrammənfi patogenlərə qarşı yüksək həssaslıq, xüsusən Birləşmə 1-in selektiv təsir imkanlarını sübut edir.

Yekun olaraq, nikotin turşusu fraqmentli sulfonamid törəmələrinin sintezi geniş spektrli antimikrob maddələrin alinmasi üçün əlverişli istiqamətdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Mammadov S.A., Zeynalova L.F., Mammadova S.İ., Ladokhina N.P., Mahmudova A.A., Babayev S.S. Some features of the monochloramines of sulphoacides with unsaturated compounds, Az.Chem.J. 2018. № 3. P 80-85.

2. Mammadov S.A., Ladokhina N.P., Shakhgel'dieva L.M., Mammadova S.İ.// Journal Theoretical and Applied Science. USA. 2016.V. 38. № 6, 1-5

3. 2.Мамедов С.А., Алиева Л.С., Ладохина .Н.П., Новрузова З.Н., Мамедова С.И. //Азерб. хим. Журнал. 2015.№4. с 98-104.

XLORAMİN-B VƏ BUTİLAKRİLAT ƏSASINDA SİNTEZ EDİLMİŞ YENİ SULFAMİD EFİRLƏRİNİN ANTİMİKROB AKTİVLİYİNİN *İN VİTRO* TƏDQİQİ

Zeynalova L.F.

Xülasə

Xloramin-B və butilakrilat əsasında alınan sintonun nikotin və furan-2-karbon turşu-ları ilə yeni mürəkkəb efir törəmələri sintez edilmişdir. Struktur modifikasiyası turşu xloridlərin alınması və ikincili hidroksil qrupunun selektiv asilləşməsi yolu ilə həyata keçirilmişdir. In silico molekulyar dokinq analizləri nikotinat törəməsinin MurA (1A2N) fermentinə qarşı yüksək affinitetini (−8.0 kkal/mol) göstərmişdir. PLIP analizi vasitəsilə SER162 və ARG91 qalıqları ilə yaranan spesifik H-rabitələrinin və duz körpülərinin kompleksin stabilliyindəki rolu sübut edilmişdir. Alınmış nəticələr bu birləşmələrin effektiv antibakterial agent kimi tətbiq perspektivliyini əsaslandırır.

СИНТЕЗ НОВЫХ СУЛЬФАМИДНЫХ ЭФИРОВ И КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Зейналова Л.Ф.

Аннотация

На основе синтона, полученного из хлорамина-Б и бутилакрилата, синтези-рованы новые сложноэфирные производные никотиновой и фуран-2-карбоновой кислот. Структурная модификация осуществлена путем получения хлорангидридов кислот и селективного ацилирования вторичной гидроксильной группы. *In silico* молекулярный докинг анализ показал высокую аффинность никотинатного производного к ферменту MurA (1A2N) (−8.0 ккал/моль). Посредством PLIP-анализа была доказана роль специфических H-связей и солевых мостиков, образующихся с остатками SER162 и ARG91, в стабильности комплекса. Полученные результаты обосновывают перспективность применения данных соединений в качестве эффектив-ных антибактериальных агентов.

SYNTHESIS OF NEW SULFAMIDE ESTERS AND *IN SILICO* STUDY OF THEIR ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Zeynalova L.F.

Summary

New ester derivatives of nicotinic and furan-2-carboxylic acids were synthesized based on a synthon derived from chloramine-B and butyl acrylate. Structural modification was carried out through the preparation of acid chlorides and selective acylation of the secondary hydroxyl group. *In silico* molecular docking analysis demonstrated high affinity of the nicotinate derivative toward the MurA enzyme (1A2N) (−8.0 kcal/mol). PLIP analysis confirmed the role of specific H-bonds and salt bridges formed with SER162 and ARG91 residues in the stability of the complex. The results justify the potential application of these compounds as effective antibacterial agents.

MODİFİKASİYA OLUNMUŞ KLİNOPTİLOLİTDƏ La^{3+} VƏ Ce^{3+} İONLARININ SORBSİYASININ TƏDQİQİ

Mahmudov F.T., İmanova N.Ə., Cabarov E.E., Adıgözəlova M.N.,
Əsgərova T.N., Hümbətova A.S.
ARETN, Kimya İnstitutu
naileimanova1966@gmail.com

Açar sözlər: *Na-klinoptilolit, H-klinoptilolit, ion mübadilə, sorbsiya.*

Nadir torpaq elementlərindən olan lantan (La) və (Se) seriumum ücvalentli ionlarının, Na-və H ionları ilə modifikasiya olunmuş klinoptilolit seolitində Nikoliski tənliyi vasitəsilə sorbsiya prosesi tədqiq olunmuşdur. Na -və H- forma klinoptilolit dinamiki qaydada müvafiq olaraq 0,1N NaCl və HCl məhlulu kolonka şəraitində doldurularak hazırlanmışdır.Tədqiqat işləri zamanı müəyyən kinetik və statik hesablamalarda ion-mübadilə prosesləri ücün mono-ion formalı sorbentlərin hazırlanması məqsədəuygun secilmişdir [1].Cünki təbii klinoptililit poliion formalı seolitdir.Elektron konfiqurariyasına görə La^{3+} elementi d-elementidir. Ce^{3+} elementi isə f elementidir. İonların diffuziya əmsalları Boyd tənliyi üzrə hesablanmışdır:

$$F = \frac{S_t}{S_\infty} = \frac{\sigma}{r}\sqrt{\frac{D_{daxil}\cdot t}{\pi}}$$

Burada S_t-t zamanina uygun gələn sorbsiya miqdarı mq-mv/q: S_∞-doyma halinauygun gələn sorbsiya miqdarı.mq-ekv/q:r-sorbentin dənəvərlik radiusu,sm., daxili diffuziya əmsalı, $sm^2\cdot san^{-1}$;π ≈3,14 sabit ədəd Nikolski tənliyi emprik şəkildə aşagıdakı kimi təsvir olunur:

$$\frac{S_1^{1/z_1}}{S_2^{1/z_2}} = K_{1.2}\cdot\frac{C_1^{1/z_1}}{C_2^{1/z_2}}$$

C_1 və C_2ionları məhluldakı qatılıgı,mq-ekv/ml, S vəS ionlarin sorbentdəki miqdarı, mq-ekv/q, Z_1Z_2-ionların yükü, $K_{1,2}$isə ion mübadilə,yaxud Nikolski sabitidir. Tədqiq olunan La^{3+} və Ce^{3+}ionları ücvalentli oldugundan tənlik aşagıdakı şəklə düşür:

$$\frac{S_1^{1/_1}}{S_2^{1/3}}K_{1.2}\cdot\frac{C_1^{1/1}}{C_2^{1/3}}$$

Nəzərə alsaq ki, $C_1+C_2=C_0$ və $S_1+S_2=S_0$ oldugundan son nisbətdə Nikoliski tənliyi aşagıdakı formada təsvir olunur:

$$\frac{S_0}{\sqrt[s]{S_2}} - 1 = K_{1.2}\left(\frac{C_0}{\sqrt[z]{C_r}} - 1\right)$$

Bu tənlik y=kx şəklinə düşür.Tənliyin absisi $\frac{C_0}{\sqrt[s]{C_2}} - 1$, $\frac{S_0}{\sqrt[s]{S_2}} - 1$ isə olar.Nikolski sabitinin qiymətləri və digər parametrlər cədvəldə göstərilmişdir

İon	Sorbent	Diffuziya əmsalı $Sm^2\cdot san^{-1}$	Statik ion-mübadilə tutumu. mq-ekv / q	Nikolski sabiti
La^{3+}	Na-klin	$4.24\cdot10^{-9}$	5.08	1.64
	H-klin	$2.91\cdot10^{-9}$	4.89	0.84
Ce^{3+}	Na-klin	$3.66\cdot10^{-9}$	4.93	1.49

	H-klin	$1.85 \cdot 10^{-9}$	4.56	0.71

MODİFİKASİYA OLUNMUŞ KLİNOPTİLOLİTDƏ La^{3+} VƏ Ce^{3+} İONLARININ SORBSİYASININ TƏDQİQİ

Mahmudov F.T., İmanova N.Ə., Cabarov E.E., Adıgözəlova M.N., Əsgərova T.N., Hümbətova A.S.

Xülasə

Keçid metal elementləri olan Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, nadir torpaq elementləri olan La^{3+} və Ce^{3+} ionlarının H və Na -klinoptilolitdə Boyd tənliyi vasitəsilə diffuziya əmsalları, Nikolski tənliyi vasitəsilə ion-mübadilə sabitləri hesablanmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Mahmudov F.T. Modifikasiya olunmuş klinoptilolitdəLa (III) ionlarinin sorbsiyası. Azerbaycan kimya yurnalı,2023, №1,s135-141.

MODIFIED ALUMINOSILICATESAS EFFECTIVE SORBENTS FOR THE RECOVERY OF ORGANIC SOLVENTS

Agayeva Z.R., Ismailova V.A., Bairamova S.S., IlyasovaKh.N.,Mammadova L.M.

Institute Of Chemistry

agayeva-zenfira@mail.ru

Keywords: *Adsorption, natural bentonite, acetone, volatile organic compounds (VOCs).*

Cleaning the air from volatile organic compounds is one of the priority tasks of our time. Acetone, as a widely used organic solvent, is used quite successfully in the chemical, pharmaceutical and paint and varnish industries.In this aspect, its high volatility and ability to form toxic concentrations in the air necessitate the development of effective adsorption materials for its capture. A promising direction is the use of natural clay minerals, in particular bentonite clays, which have a developed surface, layered structure and ion-exchange capacity. Modification of bentonite with various cations allows for targeted changes in its textural and acid-base characteristics, which opens up the possibility of regulating adsorption properties in relation to organic molecules. The aim of the work was to study the influence of the nature of exchange cations on the adsorption properties of bentonite in relation to acetone and to establish the patterns of change in the specific surface area, pore volume and the number of adsorbed molecules.

Natural bentonite, which has fairly large reserves in the Republic of Azerbaijan and contains 75–80% montmorillonite, was used as the initial sample.Based on the Na-form, monocation-substituted forms were obtained using the ion exchange method: Pb^{2+}-, Cd^{2+}-, Mn^{2+}- and Co^{2+}-forms of bentonites. Ion exchange was carried out with solutions of salts of various metals at a temperature of 298 K in a mass ratio of m:m=10:1 for 6 hours.

The amount of adsorbed acetone molecules was determined by the derivatographic method on a derivatograph from MOM (Hungary) (DTA, DTG, TG) at a heating rate of 10 deg min^{-1} in the range of 293–793K. Based on the mass loss curves, the amount of physically adsorbed acetone, the amount of chemisorbed acetone, and the number of molecules per 1 cm^2 of surface were calculated [1]. The textural characteristics were determined by the low-temperature adsorption method (for benzene). The specific surface area S ($m^2 \cdot g^{-1}$) and the total pore volume V_Σ ($cm^3 \cdot g^{-1}$) of bentonite samples were calculated, the error of which is ~1.5%. It was found that modification of bentonite with divalent cations leads to an increase in its specific surface area and total pore volume compared to the natural sample. For natural ben tonite: S = 100 $m^2 \cdot g^{-1}$; V_Σ = 0.133 $cm^3 \cdot g^{-1}$. After modification the values changed as follows

Table 1.

Specific surface area S and total pore volume VΣ of modified bentonite samples with respect to benzene.

Sample	S, ($m^2 \cdot g^{-1}$)	V_Σ, ($cm^3 \cdot g^{-1}$)
Naturalbentonite	100	0,133
Pb^{2+}	143	0,187
Cd^{2+}	138	0,183
Mn^{2+}	135	0,180
Co^{2+}	132	0,176

The increase in textural characteristics can be explained by an increase in the interlayer distance and the formation of additional porosity when replacing Na^+ ions with heavy metal cations. Depending on the change in the ionic radius of the exchange cations, the specific surface area and the total pore volume, the studied bentonite samples are arranged in the following order: Pb^{2+}> Cd^{2+}>Mn^{2+}>Co^{2+}-bentonite. The amount of physically adsorbed acetone (mol/g) changed depending on the change in the ionic radius of the exchange cations and their location in the crystal structure of bentonite. They could be arranged in the following order: Pb^{2+}(1.08) > Cd^{2+}(1.03) > Mn^{2+} (0.91) > Co^{2+} (0.83) > natural bentonite (0.61). The number of acetone molecules per 1 cm^2 of surface reached the maximum value for the Cd^{2+} form ($2.53x10^{14}$ molecules/cm^2), which indicated a high density of active centers. Thermal analysis of the samples showed that three temperature effects (~393, 613 and 693 K) corresponded to the desorption of acetone associated with centers of different strengths. This indicated surface heterogeneity and a mixed adsorption pattern [2].Adsorption involves dispersion and dipole–dipole interactions of the acetone carbonyl group with surface centers, as well as coordination bonding with metal cations. At temperatures above 600 K, partial oxidation of acetone was possible in the presence of atmospheric oxygen. A correlation was established between the ionic radius of the exchange cation (0.78–1.26 Å), textural characteristics, and adsorption capacity. An increase in the specific surface area and pore volume was accompanied by an increase in the number of both physically and chemisorbed acetone molecules[3].

The obtained results confirm the potential of using modified forms of bentonite as effective and affordable sorbents for purifying air from acetone vapors and other volatile organic compounds. A method for regenerating sorbents by heat treatment at 673 K in an air flow was developed, which ensured their repeated use. Thus, the creation of scientific foundations for the preparation of effective sorbents and their regeneration in modern conditions is very important for protecting the air basin from pollution by harmful substances,

and targeted cationic modification of bentonite allows the creation of effective sorption materials for environmental applications.

LITERATURE

1. AnnagievM.Kh., Yagubov A.I., Safarov R.S., Adygezalov H.M. Study of phenol adsorption on modified forms of bentonite// Journal of Applied Chemistry. 2010, v.83, issue 1, pp.172-174.

2. Nasseri S., Alemi A, Yaqubov A.I, Nuriyev A.N. Adsorption of copper(II) and cobalt(II) from model sewage onto modified bentonite //Environmental Science an Indian J. 2014.V. 9. No 4. P. 142–148.

3. Mahmood T.A., Amir Z.Z., Nader T.Q.Study of physical, chemical and morphological alterations of smectite clay upon activation and functionalization via the acid treatment//World Journal of Nano Science and Engineering, 2013, vol.3, No 4.

ИМИТАЦИОННАЯ РЕЦЕПТУРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ВОЙСК БОЕВЫМ ДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ

Манафов М.R., Сафаралиева З.С., Дадашова С.Д., Салманова К., Рустамова Н., Абдуллаева И.

Институт Химии

iradamelikova212@gmail.com

Утилизация учебных рецептур и дегазирующих веществ (хлорная известь, ДТ-2, аммиачно-щелочные растворы) включает их нейтрализацию, сбор в герметичные емкости и передачу на специализированные полигоны или предприятия химической промышленности. Использование реактивов строго регла-ментировано, а отходы дегазации военной техники требуют очистки перед сбросом.

Частичная дезактивация проводится силами самих формирований или воинских частей войск гражданской обороны, подвергшихся загрязнению радиоактивными веществами, без отрыва от выполнения своих задач с использованием табельных и подручных средств.

Полная дезактивация проводится, как правило, после выполнения своих задач в не зараженных районах или на пунктах специальной обработки с использованием табельных средств дезактивации, с привлечением подразделений войск гражданской обороны, а при больших объемах дезактивационных работ — подразделений войск радиационной, химической и биологической защиты и инженерных войск. Дезактивация должна обеспечить снижение уровня загрязненности до безопасных пределов, что устанавливается дозиметрическим контролем.

Для дезактивации используют различные методы

- механический — удаление радиоактивных веществ с заражённых поверхностей сметанием щётками и подручными средствами, вытряхиванием, выколачиванием одежды, обмыванием струёй воды, сдуванием (например, с помощью авиационных двигателей), обтирания паклей, ветошью, смывания водой, снятия и удаления верхнего загрязненного слоя (грунта, зерна, сена и др.) и т.п.

- физический — обработка ультразвуком, электромагнитная сепарация, извлечение радиоактивных веществ растворителями и сорбентами, лазерная дезактивация и т.п.
- химический — применение веществ, образующих с радиоактивными веществами малорастворимые комплексы, выпадающие в осадок
- физико-химический — хемосорбция, коагуляция, покрытие загрязненных поверхностей полимеризующимися составами с последующим удалением образовавшейся пленки и т.п

На практике применяют последовательное сочетание различных методов. дезактивации. Например, после механического удаления основной массы радиоактивных веществ предметы моют растворами поверхностно-активных веществ и комплексообразователей; синтетические материалы дополнительно обрабатываются химическим методом (растворами щавелевой кислоты).

Для дезактивации специальных устройств и сооружений, различной техники и подвижного состава применяются вода, водные растворы поверхностно-активные (моющие) вещества и растворители.

Вода наиболее доступна для дезактивации, но она плохо смачивает и смывает РВ с земляных сооружений. При нагреве до температуры 20-80°С, она уменьшает свое поверхностное натяжение на 15%, улучшает смачиваемость и качество дезактивации.

Для улучшения качества и сроков дезактивации применяют специальные поверхностно-активные вещества в составе водных растворов. К ним относятся:

Дезактивирующий раствор ДЛ - летняя дезактивирующая рецептура, представляющая собой водный раствор моющих веществ: 0,3 % ОП-Ю (ОП-7); 0,7 % гексаметафосфата натрия. Норма расхода раствора 3 л/м2. Приготовление раствора (из расчета на 1000 л): в 20-30 л воды, нагретой до 40-50 °С, растворяют 3 кг препарата ОП-10 (ОП-7). В другом таком же объеме воды, нагретой до 50-60 °С, растворяют 10 кг гексаметафосфата натрия, предварительно раздробленного на мелкие куски. Затем оба раствора сливают в одну емкость, которую дополняют водой до 1000 л. В зимних условиях вместо гексаметафосфата натрия в раствор вводят аммиачную воду.

1. Дезактивирующий раствор ДЛК-летняя кислая дезактивирующая рецептура, представляющая собой водные растворы моющих веществ: 0,3 % ОП-10 (ОП-7), 0,7 % гексаметафосфата натрия, 2 % соляной кислоты и 0,1 % ингибитора коррозии ПБ-5. Норма расхода 3 л/м2. Приготовление раствора (из расчета на 1000 л): в 20-30 л воды, нагретой до 40-50 °С, растворяют 3 кг препарата ОП-10 (ОП-7). В таком же объеме воды, нагретой до 50-60 °С, растворяют 10 кг гексаметафосфата натрия; затем в емкость вливают 70 л технической соляной кислоты и 1 л ингибитора коррозии ПБ-5 (готовая ингибированная кислота заливается в емкость в количестве 100 л). После этого емкость дополняют водой до 1000 л.

2. Дезактивирующий раствор ДЗК - зимняя дезактивирующая рецептура, представляющая собой водные растворы моющих веществ: 0,3 % ОП-Ю (ОП-7), 2 % соляной кислоты, 0,1 % ингибитора коррозии ПБ-5 и антифриза (хлористого кальция или хлористого магния). Норма расхода 3 л/м2. Раствор (из расчета на 1000 л) готовится аналогично раствору ДЛК, но без гексаметафосфата натрия. В качестве антифриза вводится хлористый кальций (хлористый магний): при температуре до-15 °С

135 кг (155 кг), а от -15 °С до -30 °С - 187 кг (220 кг). Затем емкость заполняется водой до объема 1000 л.

3. Дезактивирующий раствор на основе (0,3 %) моющего порошка СФ-2у (СФ-2). Растворяют 30 г порошка в 10 л воды (для работы в летних условиях) или 10 л аммиачной воды, содержащей 20-25 % аммиака (для работы в зимнее время).

4. Дезактивирующий порошок СН-50. Водный 1 %-й раствор порошка обладает полифункциональными свойствами, обеспечивая дезактивацию и дегазацию, а 2 %-й - и дезинфекцию объекта.

Основное условие, предъявляемое к учебным рецептурам – это их универсальность и безопасность применения [1-4]. В настоящее время на некоторых военных объектах скопилось значительное количество неисполь-зованных запасов рецептур-имитаторов, производство которых приостановлено вследствие их высокой токсичности. К числу таких имитаторов относятся и рецептуры ИВ**-Б** и ИВ**-2**, представляющие собой смесь нейтральных веществ с веществами, обладающими сильным раздражающим действием на живой организм, имитируя воздействие сильно отравляющего вещества – «Иприта». Обе учебные рецептуры поступают в войска в толстостенных железных бочках Л-100, Л-150, Л-200, Л-250 и имеют неприятный запах. Срок хранения рецептур истек, что привело к постепенной разгерметизации тары и обветшалости помещений, в которых они хранятся.

Учебная рецептура ИВ-Б – вязкая маслянистая жидкость буро-коричневого цвета с температурой замерзания минус 45°С. Рецептура не воспламеняется. Заражение рецептурой местности и военной техники производится с помощью имитационных гранат и фугасов (ИГС и ИФ).

ИВ-Б готовится на основе кристаллического хлорацетофенона или его маточного раствора в четыреххлористом углероде в смеси с нефтяным битумом, хлорпикрином и скипидаром. Учебная рецептура ИВ-2 – вязкая жидкость темно-коричневого цвета стемпературой замерзания минус 40°С. Готовится рецептура также на основе кристаллического хлорацетофенона в зеленом масле в смеси с хлорпикрином и скипидаром. Заражение рецептурой производится при помощи авторазливочных станций или подручных средств (кистью), так как рецептура воспламеняется.

Таблица 1.

Состав учебной рецептуры ИВ-Б.

Компоненты	**Количество компонентов на 1000 кг рецептуры**	
	На кристаллическом хлорацетофеноне	**На маточном растворе хлорацетофенона**
Хлорацетофенон	50	---
Сульфатный скипидар	65	65
Маточный раствор хлораце-тофенона	—	108
Хлорпикрин технический	40	40
Четыреххлористый углерод	795	737
Битум нефтяной	50	50

Таблица 2.

Состав учебной рецептуры ИВ-2.

Компоненты	Количество компонентов на 1000 кг рецептуры	
	На кристаллическом хлорацетофеноне	На маточном растворе хлорацетофенона
Хлорацетофенон	78	---
Сульфатный скипидар	105	105
Маточный раствор хлорацетофенона	—	169
Хлорпикрин технический	67	67
Зеленое масло	750	659

Как видно из таблиц основные составляющие обеих рецептур (хлорпикрин, хлорацетофенон и скипидар), вызывающие раздражающее действие и имити-рующие эффект «Иприта», одинаковы, Действие хлорацетофенона и хлорпикрина общеизвестно. Это-лакриманты, вызывающие раздражение слизистой оболочки и слезоточивость.

Третьим компонентом призванным усилить токсичность рецептур является скипидар сульфатный, который выполняет функции растворителя и главное, придает рецептуре неприятный чесночный запах.

Четыреххлористый углерод - негорючий растворитель. Битум нефтяной имитирует внешний вид стойких отравляющих веществ, придает необходимую вязкость. Зеленое масло – смесь высокомолекулярных ароматических углеводородов-растворитель, придающий стойкость рецептуре.

Учебные рецептуры стойких ов (урсов) предназначены для имитации применения противником ОВ типа VX и иприта, применяются для заражения боевой техники, местности и личного состава. УРСОВ выпускаются различных составов.

Наряду с рецептурами.имитирующими заражение военной техники и окружающей местности отравляющими веществам, существуют и военные учебные рецептуры, служащие для проведения дегазации от этих ядовитых соединений. К таковым относятся военные учебные рецептуры РД-А и РД-2.

Рецептура РД**-2** поступает в войска в готовом виде в стальных герметично закрытых бочках. Огнеопасна. Попадание воды и длительный контакт с атмосферой приводят к снижению дегазирующей способности рецептуры. В герметично закрытой таре свойства РД**-2** сохраняются в течение 5 лет, в случае разгерметизации – в течение недели. Утилизация рецептуры приводит к дальнейшему использованию конечных продуктов с новыми потребительскими качествами.

Дегазирующая рецептура **РД-А** предназначена для частичной дегазации стрелкового оружия, объектов бронетанкового вооружения и техники при температуре от +40^{o}С до –37^{o}С с нормой расхода 0,4л/м^{2}.

Таблица 3.

Состав РД -2 и РД –А

РД - 2	РД - А
Хлорбензол	Бензин Б - 70
Керосин	н-Бутиловый спирт

Изобутиловый спирт	Этилендиамин
Этилцеллозольв	Этилцеллозольв
Оксифос	Гидроксид натрия

К примеру, дегазацией удаляются отравляющие вещества (ОВ) с поверхности зараженных объектов, военной техники и вооружения, средств индивидуальной защиты кожи и местности. Дегазирующие реагенты, реагируя с отравляющими веществами, прев-ращают их в нетоксичные сое-динения. Различают дегазацию, происходящую естественным путем за счет испарения и поглощения отравляющих веществ и искусственным путем – обработкой отдельных участков поверхности, с которыми соприкасаются люди. Различают также механическую, физическую и физико-химическую дегазацию поверхностей. При механической и физико-химической дегазации ОВ удаляются с поверхности выветриванием, смыванием водой, но при этом сами ОВ не разрушаются. При химической дегазации зараженная поверхность вступает в реакцию с дегазирующей рецептурой с образованием мало ядовитых и неядовитых продуктов.

Для имитации заражения местности и боевой техники ипритом используют учебные рецептуры ИВ-Б и ИВ-2, в состав которых входит хлорпикрин и хлорацетофенон.Учебная рецептура ИВ-Б - вязкая маслянистая жидкость буро-коричневого цвета с температурой замерзания минус 45 С. Рецептура не воспламеняется. Заражение рецептурой производится с помощью имитационных гранат и фугасов (ИГС и ИФ).

Учебная рецептура ИВ-2 - вязкая жидкость темно-коричневого цвета с температурой замерзания минус 40 С. Заражение рецептурой производится при помощи авторазливочных станций или подручных средств (кистью), так как рецептура воспламеняется. Их пары обладают сильным раздражающим действием на слизистые оболочки глаз, а в капельно-жидком состоянии - на кожу человека. Вооружение и военная техника.подвергшиеся длительному воздействию паров этих рецептур, должны быть тщательно вычищины и смазаны. а зараженные капельно-жидкими рецептурами - продегазированы щелочными растворами с последующей чисткой и смазкой. Раздражающие действие на местности в летних условиях сохра-няется в течение 1-2 суток. Глубина распространения паров рецептур может дости-гать 100 метров с подветренной стороны. Обе рецептуры поступают в войска в толс-тостенных железных бочках Л -100, Л-150, Л-200, Л-250 и имеют неприятный запах.

Предложена имитационная рецептура для обучения войск боевым действиям в условиях химического заражения отравляющими веществами, представляющая собой водный раствор, содержащий 0,3 мас.% натриевой соли фенолфталеина, 0,1 мас.% натриевой соли флуоресцеина, 0,01 мас.% 1,2 - дибутилдитиаэтана, 0,3 мас.% карбоксиметилцеллюлозы. Изобретение направлено на создание универсального и безопасного имитатора химического заражения по обучению личного состава войск боевым действиям в условиях химического заражения, позволяющего осуществить визуальный контроль химического заражения в дневное и в ночное время, органолептический контроль и дегазацию штатными составами.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.И.Алимов, А.Ю.Павлов, А.В.Шантроха, О.М.Демидов, А.В.Козырева и др. Применение 1,2-дибутилдитиаэтана в качестве имитатора 2,2-дихлордиэтилсуль-фида

(иприта) для обучения войск боевым действиям в условиях химического заражения ипритом. / Пат. RU 2 260 577 МПК C06D 7. 2005.09.20
2. El.Sh.Mamedov, D.S.Veliyeva, T.N.Kulibekova, A.El.Mamedov, F.M.Aliyeva. Utilization of rocket fuel oxidizers based on nitric acids / Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2018, 3 -4, p.67-70.
3. Н.И.Алимов и др. Имитационная рецептура для обучения войск боевым действиям в условиях химического заражения фосфорорганичекими отравляющими веществами. / Пат. RU 2 250 576 МПК C06D 7. 2005.09.20
3. Н.И.Алимов и др. Имитационная рецептура для обучения войск боевым действи -
-ям в условиях химическогозаражения /Пат. RU 2 260 575 МПК C06D 7. 2005.09.20

АЛКИЛИРОВАНИЯ ТОЛУОЛА МЕТАНОЛОМ, НАНЕСЕННОЙ 12-ВОЛЬФРАМОКРЕМНЕВОЙ ГЕТЕРОПОЛИКИСЛОТЫ НА ЦЕОЛИТ ZSM-5

[1]Гафаров Ш.А., [2]Меликова И.Г., [2]Гашимова Н.И., [2]Мамедова С.М.
[1]Институт Нефтехимических Процессов ,[2]Институт Химии МНОАР
iradamelikova212@gmail.com

Ключевые слова: *Метанол, 12-молибдофосфорная кислота, цеолит, алкилирование толуола.*

Açar sözlər: *Metanol, 12-molibdofosfor turşusu, seolit, toluolun alkilləşdirilməsi.*

Настоящей работе нами применены 12-молибдофосфорной кислоты нанесен-ных на цеолит ZSM-5 для алкилирования толуола метанолом. В работе использовано коммерческий 12- молибдофосфорной кислота H_3 P $Mo_{12}O_{40}$ xH_2O (х.ч.) (HPMo). Получено безводная HPMo, путем сушкой под вакуумом 1.33Па (1Па=7.5 10^{-3} мм. рт. ст) при 403-408К после очистки и перекристаллизации из водного раствора. В качестве носителя применяли цеолит (ZSM-5,марки А-4). Цеолит предварительно прокаливали на воздухе в сушильном шкафу в течение 2 ч при 573К. Катализатор готовили пропиткой водными растворами HPMo (30%) и цеолит с последующим сушкой при 423К в течение 4ч и прокалкой в течение 3ч при 573К. Перед напуском реагентов катализатор активировали in situ, прогревая его последовательно в токе азота в течение 2ч при температуре реакции 623К.

Изучение массивных и нанесенных гетерополикислот как катализаторов превращение органических соединений посвящено большое число работ [1-5]. Это обусловлено во первых наличием надежных данных о структуре гетерополисоединений, и во-вторых высоких бренстедовских кислотностями, которых значительно превосходят в этом отношении таких кислоты как H_2SO_4, HBr, HCl, HNO_3 и $HClO_4$. В третьих эти кислоты способны многоэлектронным окислительно-восстановительным реакциям. Помимо этого, эти соединений термически устойчив, нелетучий, не имеют запаха и нетоксичны. Известно, что строение продуктов существенно изменяется в зависимости от катализаторов и условий реакции. Предыдущих работах нами применены 12-вольфрамофосфорной и 12-молибдофосфорной кислот нанесенных на цеолит ZSM-5 для алкилирования толуола

метанолом.

В настоящей работе нами применены 12-вольфрамокремневой кислоты нанесенных на цеолит ZSM-5 для алкилирования толуола метанолом. В работе использовано коммерческий 12-вольфрамокремневой кислота $H_4SiW_{12}O_{40}$ xH_2O (х.ч.) (HSiW). Получено безводная HSiW, путем сушки при 573К после очистки и перекристаллизации из водного раствора. Степень обезвоживания проверена на дериватографе и путем запицы ПМР спектров (Varian, WL-112,30Мгц) образцов при 77К. В качестве носителя применяли цеолит (ZSM-5, марки А-4).

Цеолит предварительно прокаливали на воздухе в сушильном шкафу в течение 2 ч при 573К. Катализатор готовили пропиткой водными растворами HSiW (30%) и цеолит с последующим сушкой при 423К в течение 4ч и прокалкой в течение 3ч при 573К. После этого катализатор загружали в обогреваемый кварцевой реактор диаметром 20 мм. Перед напуском реагентов катализатор активировали *in situ,* прогревая его последовательно в токе азота в течение 2ч при температуре реакции 623К.

Эксперимент проведено в обычном проточном установке (рис.1) со стационарным слоем катализатора при атмосферном давлении в среде водорода и при мольных соотношениях толуола к метанолу 2:1. Продукты реакции анализировали хроматографически (на хроматографе Хром-31). Каталитическую активность катализатора оценивали по конверсии толуола. Результаты хроматографического анализа полученных продуктов приведены в таблице. Основными продуктами алкилирования является бензол, этилбензол, ксилолы и триметилбензол.

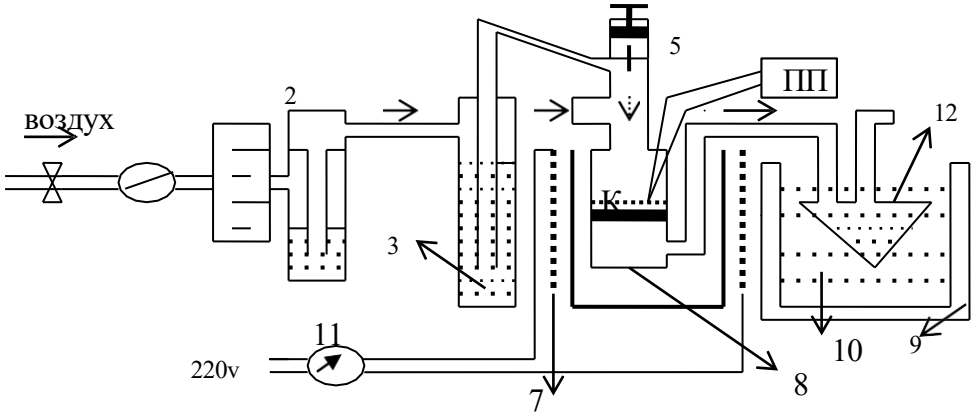


Рис. 1. Принципиальная схема реактора для алкилирования.
1–Регулятор давлении, 2-3–Реагент, 4-5–Шприц, 6–Термопара,
7– электронагреватель, 8–Реактор, 9–Дюар, 10–катализатор, 11–жидкий азот или сухой лёд, 12– лабораторный трансформатор.

Таблица 1.

Алкилирование толуола метанолом на катализаторе HSiW/ZSM-5
(v $1ч^{-1}$, τ 20 мин; водород:толуол=5)

Продукты реакции , масс. %							Общая конверсия	Селек-тивность Σ(бензол +ксилол)
Толуол $C_6H_5CH_3$	Бензол C_6H_6	Этилбензол $C_6H_5C_2H_5$	Ксилолы $C_6H_4(CH_3)_2$			Σтриметил бензол $C_6H_3(CH_3)_3$		
			м	о	n			
70.2	3.1	0.2	12.1	5.1	6.4	2.9	29.8	89.59

Побочный продукт тетра- и пентаметилбензол, а также стирол не образуется. Среды полученных продуктов наиболее большой выход обладает м-ксилол (12.1%). Среды полученных продуктов наиболее большой выход обладает м-ксилол (12.1%).%). По-видимому этот изомер термодинамически наиболее устойчив. Селек-тивность по Σ(бензол+ксилол) составляет 89.59%, которых практически не отличается при использовании катализаторов HPW (84.28%) и HPMo (86.7%).

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеева М.Н., Матросова М.М., Максимов Г.М., Лихолобов В.А, и др.//Кинетика и катализ.2001.Т.42.№6.с.868-871

2. Ибрахим Ш.М., Эль-Шобаки Г.А.//Кинетика и катализ.2008.Т.49. .№4.с.507-515

3. Кузнецова Л.И., Детушева Л.Г., Кузнецова Н.И., Кощеев Г.В., и др.// Кинетика и катализ.2009.Т.50. .№2.с.218-232

4. Гафаров Ш.А., Меликова И,Г., Сарыджанов А.А.// Международной научно-практическая конференция. Наука и образования в жизни современного общества (30 декабря 2014. Часть 8.с.33-34).Мин.образования и науки Рос.Федерации.Тамбов: ООО "Консалтинговая компания Юком" 2015.164с

5. Gafarov Sh.A., Melikova I.G., Aliyeva G., Hashimova N. /Akademik M.Nağıyev adına Kat və QÜ Kimya İnstitu. 90 illik yubil. və Akadem. Toğrul Şahtaxtin-skinin anadan olmas. 100 illiyinə həsr olunmuş respub. Konfranş. Materiall. 22-23 oktyabr 2025-ci il..Bakı.Azərbaycan. p168-169.

ALKYLATION OF TOLUENE WITH METHANOL SUPPORTED 12-TUNGSTEN-SILICA HETEROPOLY ACID ON ZSM-5 ZEOLITE

Gafarov S.A., Melikova I. G., Hashimova N.I., Mammadova S.M.

Summary

In this work, we used 12-molybdophosphoric acid supported on zeolite ZSM-5 for the alkylation of toluene with methanol. In this work, we used commercial 12-molybdophosphoric acid H_3 P $Mo_{12}O_{40}$ xH_2O (reagent grade) (HPMo). Anhydrous HPMo was obtained by drying under a vacuum of 1.33 Pa (1 Pa = 7.5 × 10-3 mm Hg) at 403-408 K after purification and recrystallization from an aqueous solution. Zeolite (ZSM-5, grade A-4) was used as a support. The zeolite was pre-calcined in air in a drying oven for 2 h at 573 K. The catalyst was prepared by impregnation with aqueous solutions of HPMo (30%) and zeolite, followed by drying at 423 K for 4 h and calcination for 3 h at 573 K. Before adding the reactants, the catalyst was activated in situ by heating it sequentially in a nitrogen stream for 2 h at a reaction temperature of 623 K.

ZSM-5 SEOLİTİ ÜZƏRİNƏ ÇÖKDÜRÜLMÜŞ 12-MOLİBDOFOSFOR TURŞUSU İLƏ TOLUOLUN METANOL İLƏ ALKİLLƏŞDİRİLMƏSİ

[1]Qafarov Ş.A., [2]Məlikova İ.Q., [2]Həşimova N.İ., [2]Məmmədova S.M.

Xülasə

Bu tədqiqatda toluolun metanol ilə alkilləşdirilməsi üçün ZSM-5 seoliti üzərində çökdürülən 12-molibdofosfor turşusundan istifadə etdik. Bu işdə kommersiya məqsədli 12-molibdofosfor turşusu $H_3PMo_{12}O_{40}$ xH_2O (reagent dərəcəsi) (HPMo) istifadə etdik. Susuz

HPMo, sulu məhluldan təmizləndikdən və yenidən kristallaşdırıldıqdan sonra 403-408 K temperaturda 1,33 Pa (1 Pa = 7,5 10^{-3} mm civə sütunu) vakuum altında qurudulmaqla əldə edilmişdir. Dəstək kimi seolit (ZSM-5, A-4 dərəcəli) istifadə edilmişdir. Seolit 573 K temperaturda 2 saat qurutma sobasında havada əvvəlcədən kalsine edilmişdir. Katalizator HPMo (30%) və seolitin sulu məhlulları ilə hopdurulmaqla, ardınca 423 K temperaturda 4 saat qurudulmaqla və 573 K temperaturda 3 saat kalsine edilməklə hazırlanmışdır. Reagentlər əlavə edilməzdən əvvəl, katalizator 623 K reaksiya temperaturunda 2 saat ardıcıl olaraq azot axınında qızdırılaraq yerində aktivləşdirilmişdir.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИСИМИДАЗОЛИНОВ СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ПОДВЕРЖЕННЫХ ОКИСЛЕНИЮ КИСЛОТ ПОДСОЛНЕЧНОГО И ХЛОПКОВОГО МАСЕЛ С ПОЛИАМИНАМИ

Абдуллаева Н.Р., Казиева Р.Ю.

Институт Нефтехимических Процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева

Ключевые слова: *Коррозия, окисленные жирные кислотырастительного происхождения, полиамины, бисимидазолины, физико-химические характеристики*

Açar sözlər: *Korroziya, bitki mənşəli oksidləşmiş yağ turşuları, poliaminlər, bisimidazolinlər, fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlər.*

Keywords: *Corrosion, oxidized fatty acids of plant origin, polyamines, bisimidazolines, physicochemical properties.*

В области химии, нефтехимии и нефтеработки, использование ингибиторов является одним из наиболее распространенных методов защиты металлов от коррозии, поскольку процесс коррозии можно замедлить или остановить не изменяя состава металла или конструкции устройств и механизмов, изготовленных из металла. Область применения ингибиторов коррозии очень широка. Ингибиторы могут использоваться как при бурении скважин для предотвращения износа стали вследствие коррозии в растворах с повышенной соленостью, так и при транспортировке и хранении военной техники, сельского- хозяйственного обору-дования и т.д.

Органические соединения являются универсальной и эффективной основой для создания ингибиторов коррозии. Их эффективность можно значительно повы-сить за счёт структурных модификаций, применения композиционных систем и использования экологически чистых природных компонентов. К высоко-эффек-тивным ингибиторам органического происхождения относятся вещества, содер-жащие в своем составе атомы азота, бора, фосфора серы и кислорода. Очень большой интерес в качестве ингибиторов коррозии представляют азотсодержащие соединения циклического характера.

Наиболее эффективными ингибиторами коррозии металлов являются как композиции на основе имидазолинов, так и продукты их превращения. В научной и патентной литературе описано большое количество методов получения имидазолинов, Анализ известных способов получения имидазолинов позволяет выделить два основных направления их синтеза. Первый путь предусматривает использование в

качестве электорофильных реагентов нитрилов, изонитрилов, иминоэфиров, амидинов, а второй – карбоновых кислот и их производных [1].

Разработка и применение эффективных консервационных жидкостей и смазочных материалов остаётся одной из приоритетных задач в обеспечении защиты металлических изделий от коррозии на этапах хранения, транспортировки и эксплуатации. Повышенные требования к экологичности, совместимости с различными металлами, устойчивости к климатическим воздействиям и сроку действия требуют постоянной модернизации состава таких материалов. С этой целью с нашей стороны были посталены и решены следующие задачи: синтез и исследование свойств в качесве ингибиторов коррозии в составе консервационных жидкостей и смазок на снове минеральных масляных дистиллятов марок Т-22, Т-46, Т-1500 и Автол бисмидазолинов на основе подверженных процессу окисления кислородом воздуха жирных кислот выделенных из различных растительных масел и триэтилентетрамина.

Процесс выделения жирных кислот проведен методом гидролиза. Процесс окисления выделенных кислот проведен кислородом воздуха в присутствии катализатора нафтената хрома. Синтез бисимидазолинов проведен по известной методике [2]. Физико-химические характеристики синтезированных бисимидазолинов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические характеристики бисимидазолинов.

Состав бисимидазолинов (мольное соотношение)	Внешний вид	Относит. плотность d_4^{20}, г/см^3	Температура капле падения ˚С	Показатели растворимости				
				Бензол	Бензин	Этанол	Уайт-Спирит	ДМФА
КВПМ:ТЭТА (2:1)	Вязкая масса темно желт. цвета	0,943	45	+	+	+	+	+
КВХМ:ТЭТА (2:1)	Вязкая масса светло коричн. цвета	0,939	50	+	±	±	±	±

Примечание: + - полностью растворяется, ± - растворяется с помутнением

ЛИТЕРАТУРА

1. Wanlin Wang. Prediction and measurement of corrosion inhibition of mild steel by imizadolines in brine solutions /Wang Wanlin, Michael L.Free, David Horsup // Metallurgical and Materials Transactions, 2005. V. 36, pp. 335-341.

2. Абдуллаева Н.Р. Азотсодержащие моноалкил(C_8-C_{12})фенол формальдегид-ные олигомеры в качестве компонента консервационных жидкостей //Коррозия, материалы, защита, 2019, № 4, с.26-32.

OKSİDLƏŞMİŞ GÜNƏBAXAN, PAMBIQ YAĞ TURŞULARI VƏ POLİAMİNLƏR ƏSASINDA SİNTEZ EDİLMİŞ BİSİMİDAZOLİNLƏRİN FİZİKİ-KİMYƏVİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abdullayeva N.R., Kazieva R.Y.

Xülasə

Təqdim edilmiş tezisdə müxtəlif mineral yağlar tərkibində metal korroziyasına qarşı inhibitorlar qısmində tətbiq olunacaq günəbaxan və pambıq yağlarından təcrid olunmuş oksidləşmiş turşular və trietilentetramin əsasında sintez olunmuş bisimidazolinlərin fiziki-kimyəvi parametrlərinin tədqiqat nəticələri əks olunub.

STUDY OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BISIMIDAZOLINES SYNTHESIZED FROM OXIDIZABLE ACIDS OF SUNFLOWER AND COTTONSEED OILS WITH POLYAMINES

Abdullaeva N.R., Kaziyeva R.Y.

Summary

This thesis presents the results of studies of the physicochemical parameters of bisimidazolines synthesized on the basis of oxidizable acids isolated from sunflower and cottonseed oils with triethylenetetramine for the purpose of further study as metal corrosion inhibitors in mineral oils of various grades.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИСИМИДАЗОЛИНОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ИЗ ОКИСЛЯЕМЫХ КИСЛОТ ПОДСОЛНЕЧНОГО И ХЛОПКОВОГО МАСЕЛ С ПОЛИАМИНАМИ

Абдуллаева Н.Р., Казиева Р.Ю.

Резюме

В настоящем тезисе представлены результаты исследований физико-химических параметров бисимидазолинов синтезированных на основе подверженных окислению кислот выделенных из подсолнечного (КВПМ) и хлопкового (КВХМ) масел с триэтилентетрамином (ТЭТА) с целью дальнейшего изучения в качестве ингибиторов коррозии металлов в минеральных маслах различных марок.

KARBON TURŞULARININXLORLU TÖRƏMƏLƏRİNİN ALINMASI VƏ TƏTBİQİ

Yunisova F.A., Rüstəmova C.T., Nəbiyeva M.F., Əliyeva N.R., Əliyeva G.G.
Kimya İnstitutu
iradam@rambler.ru

Acar sözlər: *Karbohidrogen, xlor, efir, anhidridlər, dixkormalein, promotor, modifikasiya, selektivlik, oksidləşmə, katalizator, furfurol.*

Keywords: *Hydrocarbon, chlorine, ether, anhydrides, dichloromaleic, promoter, modification, selectivity, oxidation, furfural.*

Karbohidrogenlər və onların xlorlu törəmələri əsasında alınan bir çox üzvi birləşmələr neft-kimya sintezində, polimer maddələrin istehsalında və onlara əlavələrin alınmasında, lak və boyaq maddələrinin, dərman preparatlarının, bioloji aktiv maddələrin istehsalında geniş tətbiq olunurlar. Bu maddələrin tərkibində xlorlu birləşmələrin olması, onlara xüsusi keyfiyyətləri; istiyə, soyuğa davamlılıq, möhkəmlik və s. verir. Odur ki, bu qəbildən olan maddələrin istehsalı və sintezi ilə bağlı olan proseslərin təkmilləşməsi, tullantısız sənaye proseslərinin işlənməsi, yeni-yeni üsulların və istiqamətinin müəyyənləşdirilməsi müasir kimya elmi və istehsalının əsas aktual problemlərindəndir. Müasir dövrdə neft sənayesinin sürətli inkişafı ilə bağlı neft emalının qiymıti karbohidrogenlərindən alınan karbohidrogenlərin xlorlu törəmələri və onların əsasında müxtəlif üsullarla, katalitik, qeyri-katalitik, xlorlaşdırma, hidroxlorlaşdirma, oksixlorlaşdırma, oksidləşdirmə və s sintez olunan xlor aldehidlər, xlor üzvi turşular, efirlər, anhidridlər və s. sintez olunan xlor aldehidlər, xlor üzvi turşular, efirlər, anhidridlər və s. xlor üzvi maddələr xüsusi əhəmiyyət kəsb edirlər.

Qeyd etmək lazimdir ki, karbon turşularının və onların xlor anhidridlərinin, o cümlədən xlorsirkə, xlorpropilen, mono və dixlormalenin, xlorfumar turşularının və anhidridlərinin çox geniş tətbiq sahələri mövcud olduğundan onların alınma üsulları və texnoloji prosesləri daha çox cəlb edir. Sadallanan alınma üsullarınının analizindən göruruk ki, bunlar Karbon turşularının xlorlu birləşmələri əsəsən turşuların və onların birləşmələrinin xlorlaşmasindan və əvəz olunma reaksiyasından alınırlar. Qeyd olunan üsullarla çox zaman xlorkarbon turşularını təmiz almaq mümkün olmadığından, eyni zamanda çox zəhərli və toksiki birləşmələrdən istifadə olunduğundan, effektli hesab edilmirlər. Digər tərəfdən qeyd edildiyi kimi kimi,xlorüzvi birləşmələrin alınma prosesində bir çox maddələr tullantı kimi atılaraq ətraf mühitin cirklənməsinə səsəb olur. Əsasən karbohidrogenlərin xlorlaşma reaksiyalarında min tonlarla xlorüzvi birləşmələr ətraf mühitə tullanılır.

Bu baxımdan xlorüzvi maddələrin sənaye istehsalı proseslərinin perspektiv istiqamətlərini və alınan xlorüzvibirləşmələrin müasir durumunu analiz edən müəlliflər, bir sıra xlorlu karbohidrogenlərin tam xlorlaşdırma üsullarına üstünlük verirlər. C_1-C_4 karbohidrogenlərin və onların xlorlu törəmələrinin nadir torpaq metalları saxlayan katalizatorlar üzərində oksixlorlaşdırılması prosesləri də nəzəri cəlb edir. Olefin və dien karbohidrogenlərinin xlorlaşdırılma və hidroxlorlaıdırma prosesinin tətbiq edən müəlliflər göstərirlər ki, xlorpren, tetrahidrofuran, adipin turşusu, naylon istehsalının əsasını təşkil edən xlorlu butadien, izopren,piperilen və s. istehsalı zamanı əsas məhsullarla yanaşı, çoxlu miqdarda əlavə xlorlu birləşmılır də alınır ki, onların geniş tətbiq sahələri olmağından ətraf mühitə tullanirlar. Xlorprenin sənaye istehsalı zamanı bir sira qarışıq di-, tri-, xlor, brom və s.butenlər, butadienlər alınərlar. Bu xlorlu karbohidrogenlərdən xlorlu aldehid, turşusu və anhidlərin alınması proseslərinin tətbiqi mühüm əhəmiyyət daşıyır. Burada müəlliflər xlorprenin monoxlormalein anhidridinə oksidləşməsi reaksiyasının kinetikasını tətbiq etmişlər və müvafiq mexaniznm irəli sürülmüşdür.

Qeyd etmək vacibdir ki, tərkibində oksigen saxlayan üzvi birləşmələrin və onların hallogenli törəmələrinin müasir effektli alınma üsullarından əsasi karbohidrogenlərin katalitik oksidləşmə prosesləridir. İnkişaf etməkdə olan neft sənayesi, karbohidrogenlərin və onların törəmələrinin geniş xammal bazası olduğundan, onların katalitik oksidləşmə proseslərinin tətqiqini aktual problərindən edir. Karbohidrogenlərin bilavasitə katalitik oksidləşmə prosesləri uzun illərdən bəri geniş və hərtərəfli tətqiq edilmişdir, bu reaksiyalar ücün effektli

katalitik sistemlər sintez olunmuş, spirtlərin, aldehid, keton, turşuların alınması ilə nəticələnən çox sayda reaksiyaların kinetikası və mexanizmləri hərtərəfli tətqiq edilmişdir. Bu tədqiqatlarda əsas üstünlük yüksək aktivlik və selektivlik göstərə biləcək katalitik sistemlərin sintezinə, reaksiyaların kinetikası və mexanizmlərininaraşdırılmasına verilir. Göstərilir ki, müxtəlif metal oksid katalizatorlar, o cümlədən V, P, Mo, Co, Ni, Mn, Bi, Sb, Pt, Pd, W, Cr və s. ayrı –ayrı reaksiyalarda yüksək aktivlik və selektivlik göstərirlər. Təmiz oksidlərdən başqa, bu oksidlərin müxtəlif daşıyıcılar – Al_2O_3 , SiO_2, pemza , alunid və s. üzərində və müxtəlif promotorlar , modifi-kasiyalar, əlavələrlə birlikdə tətbiqi əsasən reaksiyaların selektivliyini daha da atırmağa gətirib çixarır.

Qeyd etmək lazımdır ki ümumiyyətlə karbohidrogenlərin hollogenli birləşmələrinin katalitik oksidləşmə prosesləri az öyrənilmişdir. Oksidləşmə proseslərinin əsas istiqamətləri isə ətraf mühitə atılan hallogenli karbohidrogenlərin zərərsizləşdirilməsi, çox hallarda yandıraraq CO_4 karbohidrogenlərin hallogenli birləşmələrini CaO, NiO, MnO katalizatorlarının ıitirakı ilə oksidləşmə proseslərini göstərmək olar. Həmçinin karbohidrogenlərin CO_2-yə oksidləşmə prosesinə həsr olunmuş tətqiqatları qeyd etmək olar. Burada reaksiyanin kinetika mexanizmi tətbiq edilmişdir və göstərilmişdir ki, ilkin xlorkarbohidrogendə xlor atomlarının miqdarı artdiqca yanma reaksiyasinin sürəti azalır.

Tətqiqatlarda qeyd olunduğu kimi və ədəbiyyatda olan çox az tətqiqat islərinin analizindən də göründüyü kimi, xlorlu karbohidrogenlərin katalitik oksidləşmə reaksi-yalarında isifadə olunan katalizatorlar, əsasən karbohidrogenlərin oksidləşmə reaksi-yalarında tətqiq olunan katalitik sistemlərdən ibarət olmuşdur. Odur ki, karbohidrogenlərin oksidləşməsi ücün istifadə olunan katalizatorları analiz edərək, ədəbiyyatda karbohidrogenlərin okidləşmə reaksiyaları ücün tətbiq olunan katakizatorları şərti olaraq iki yerə bölmək olar. Bunlardan birincisi parsial oksidləşmə proseslərində tətbiq olunaraq, çoxsaylı karbon turşuları, aldehid, keton, spirt, anhidrid alınmasına gətirib çıxaran ativ və selektiv katalizatorlar, ikincisi karbohidrogenlərin dərin oksidləşmə prosesində istifadə olunaraq, onları CO_2 qədər oksidləşdirən katalizatorlar. Eyni zamanda qeyd etmək lazımdır ki, burada da oksidləşməyə məruz qala bilən karbohidrogenlərdən də aslı olaraq, çox müxtəlif katalitik sistemlər tətbiq oluna bilərlər. Belə ki, C_1-C_2 karbohidrogenləri ücün bir istiqamətdə, C_3-C_5 karbohidrogenlər ücün başqa tip C_6-C_{10} ücün digər katalitik sistemlərə istilik verilir. Bizim tətqiqatlarda əsasən C_4-C_5 karbohidrogenlərin mexa-nizminin öyrənilməsi nəzərdə tutulduğundan məhz bu istiqamətdəki karbohidrogenlərin oksidləşmə prosesində tətbiq olunan katalizatorlar nəzərdən keçiriləcək.

Müasir dövrdə istər butan, butadien, furan, furfurol, butanol, istərsə də neftin tərkibindəki və onun krekinqindən alınan C_5 karbohidrogenləri C_4-C_5 fraksiyaları malein anhidridi və bu baximdan onun törəmələrinin alınması ücün əsas xammal bazası hesab edilir. Bu baxımdan alkanlar, alkenlər və onların qarışıqının oksigennsaxlayan qazla buxar fazada P-V-O katakizatorların iştirakı ilə oksidləşməsinin təkmilləşdirilmiş üsulu təklif olunmuşdur.Burada promotor kimi Co, Bi, Li istifadə olunur. Reaktivator kimi isə halogenlər, hidrogen- halogenid turşuları, CCl_4, $CHCl_3$, CH_2Cl_2, CCl_3COOH və s.təklif olunurlar.

Ədəbiyyat məlumatlarından məlum olunmuşdur ki, furan və onun xlorlu törəmələrinin də oksidləşməsi reaksiyarı ücün əsas katalitik sistemlər V-Mo, fosfor, bismut və oksidləri əsasında sintez olunurlar. Onların sintezi əsasən məlum metodikalarla aparılmışdır. Lkin tətqiqatlar nəticəsində əsasən V-P-O/SiO_2, V-P-O/Al_2O_3, V-Mo-O/SiO_2, V-Mo-O/Al_2O_3

sistemlərinin sintezi və onların səthinə Li, Na, K,Mg, Cf, Ba,Co, Bi, Ni, Cr, Mn kimi promotorların əlavə olunması secilmişdir. Bu katalitik sistemlər əsasən aşağıdakı kimi promotorların əlavə olunması secilmişdir. Əks soyuducu,qarışdırıcı və termometrlə təchiz olunmuş üç boqazlı kolbaya, ortofafosfat turşusu əlavə edilərək qizdırılır. Sonra onun üzərinə ammonium vanadat(və ya V_2O_5) əlavə edib qaz cıxması dayanana qədər qarışıqa bir qədər də oksalat turşusu əlavə edib, yenidən CO_2 tam cixmasına qədər qizdırılır. Sonra müvafiq olaraq SiO_2 və ya Al_2O_3 üzərinə isti vanadium-fosfat məhlulu əlavə edirlər. Sonra onu soyudub filtirdən kecirirlər. Alınmış sistemi əvvəlcə 400-443 K-də suyun tam cixmasına qədər , 2-3 saat qizdırırlar. Sonra temperaturu 523-573 K-ə və 653-773 K-ə qədər qaldıraraq ümumən 6-8 saat qizdırılır. Daha sonra müvafiq promotorları əsasən , fosfatlarını, vanadatları həll edərək , katalizatorların üzərinə əlavə edərək qızdırılır. Məlum olduğu kimi ammonium vanadat bu temperaturda parcalanaraq vanadium oksidə keçir və fosfat turşusu ilə birləşmələr $VOPO_4(VO_2)P_2O_5$ və s. əmələ gətirir. Fosfor əvzinə molibden daxil etdikdə isə molibdenin müvafiq duzlarından istifadə edilir.

Alınmış katalitik sistemlər xirdalanaraq ələkdən kecirilir və əsasən 0,4-0,6 mm ölçülü fraksiya istifadə edilir. Bu fraksiya reaktora doldurularaq orada hava mühitində (və ya O_2, N_2 qarışığı) 1-2 saat aktivləşməyə məruz qalır. Temperaturanın və aktivləşmə müddətinin təsiri ayrılıqda öyrənilmışdir. Sintez olunmuş katalitik sisitemlər V-P-O/SiO_2, V-P-O/Al_2O_3, V-Mo-O/SiO_2, V-Mo-O/Al_2O_3 əsasən iki tip modifikatordan;(promotorlar) əsasi xassəli, qələvi və qələvi torpaq elementlərinin Li, Na, Ca, Mg, Ba, və turş mühit yaradan elementlərinin Bi, Mn, Co,Ni, Cr duzlarından istifadə etməklə öyrənilmışdir. Məlumdur ki, oksidləşmə reaksiyalarının baş vermə istiqamətləri onların səthinin əsası turş xassəli olmasından asılı olaraq dəyişir. Bu həmçinin səthdəki oksigenin aktivliyindən , aktiv komponentlərin nicbətindən və oksidləşmə dərəcəsindən də asılıdır. Katalitik sistemlərin səthinə əlavə edilmış elementlərin və daşıyıcıların təsirinin nəticələri tetraxlorfuranonun oksidləşmə reaksiyasında öyrənilvişdir (cədvəl 1 və şəkil 1-də).

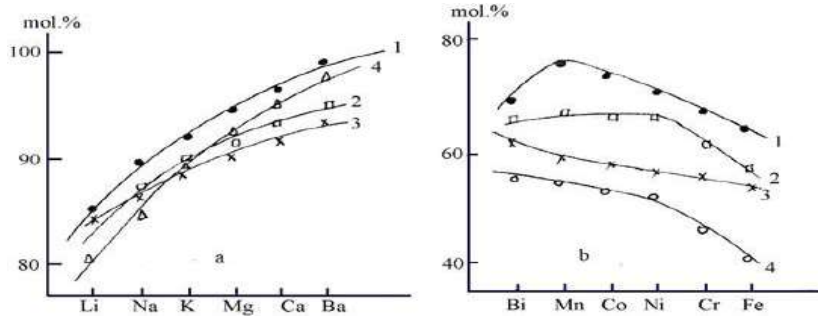
Cədvəl 1.

Tetraxlorfuranonun oksidləşmə reaksiyasında katalitik sistemlərinin aktivliyinin daşıyıcı prpmotor, aktivləşmə temperaturu və vaxtdan asılı olaraq dəyişməsi.

Katalizatorlar	Daşıyıcılar	Promotorlar	Aktivləşmə temperaturu, T, K	Aktivləşmə vaxtı, τ, saat	TeXF-nın konversiyası, mol.%
V–P–O	–	–	673	6	60–70
V–Mo–O	–	–	723	7	60–70
V–Co–O	–	–	723	7	50–70
V–Sb–O	–	–	753	7	60–70
Mo–Co–O	–	–	753	6	70–75
V–P–O	SiO_2	–	773	7	95–100
V–P–O	Al_2O_3	–	773	6	80-85
V–Mo–O	SiO_2	–	773	8	80–85
V–Sb–O	SiO_2	–	753	8	90–95
V–Mo–O	Al_2O_3	–	773	7	75–80
V–P–O	SiO_2	Li, Na, K	773	6	85–90
V–P–O	Al_2O_3	Li, Na, K	753	7	95–100
V–P–O	SiO_2	Mg, Ca, Ba	753	7	90–95

V–P–O	Al_2O_3	Mg, Ca, Ba	773	8	85–90
V–Mo–O	SiO_2	Li, Na, K	773	8	85–90
V–Mo–O	SiO_2	Mg, Ca, Ba	753	7	80–85
V–Mo–O	Al_2O_3	Mg, Ca, Ba	753	7	80–85
V–Sb–O	SiO_2	Mg, Ca, Ba	783	8	90–95
V–Co–O	Al_2O_3	Mg, Ca, Ba	773	7	90–95
V–P–O	SiO_2	Cr, Ni, Mn	753	7	70–75
V–Mo–O	Al_2O_3	Cr, Ni, Mn	753	7	60–65

Şəkildən göründüyü kimi, Li-dan Mg qədər edilən əlavələr, katalizatorun aktivliyini 10-15 % artırır. Lakin bunlardan fərqli olaraq Bi,Mn,Co,Ni,Cr,Fe kimi turş mühit yaradan elementlərin əlavə edilməsi, bu katalitik sistemlərin aktivliyini müxtəlıf dərəcədə azaldır. Bu azalma özünü Al_2O_3 üzərinə çökdürülmüş modifikatorlardan daha çox biruzə verir. Bundan belə nəticəyə gəlmək olar ki,qələvi və qələvi torpaq elemetlərinin əlavə edilməsi, katalizatorların səthində əsasən turş-əsasi xassəsinin dəyişməsinə gətirərək onların aktivliyini artırır. Bu əsasən V-Mo-O/SiO_2, V-Mo-O/Al_2O_3 üzərinə Ca və Mg əlavə etdikdə üstünlük təşkil edildiyindən, gələcəkdə tətqiqatların əsasən, bu sistemlər üzərində aparılması məqsədə uyğun hesab edilir.



Şəkil 1. TeXF oksidləşmə reaksiyasında əlavə edilən promotorların katalizatorların aktivliyinə təsiri.
1 - V–P–O/SiO_2, 2 - V–Mo–O/SiO_2, 3 - V–P–O/Al_2O_3, 2 - V–Mo–O/ Al_2O_3.

ƏDƏBİYYAT

1. Zhang, Z., & Huber, G. W. (2018). Catalytic oxidation of carbohydrates into organic acids and furan chemicals.ChemicalSocietyReviews, 47(4), 1351-1390.

2. ЭфендиевА.Д., МеликоваИ.Г., ЮнисоваФ.А., Шахтахтинский Т.Н. Гетерогеннокаталитическое окислениефурана и его хлорпроизводных наповерх ностиванадий, фосфорсодержащих окисных катализаторах. “Zərif üzvi sintez və kataliz” elmi konfrans. Bakı-2002, s. 154.

OBTAINING AND APPLICATION OF CHLORINE DERIVATIVES OF CARBONIC ACIDS

Yunisova F.A., Rustamova J.T., Nabiyeva M.F., Aliyeva N.R., Aliyeva G.H.

Summary

Many organic compounds obtained on the basis of hydrocarbons and their chlorinated derivatives have been widely used in petrochemical synthesis, in the production of polymer substances, in the production of varnishes, paints, and biological substances. In this regard, the perspective directions of processes in the industrial production of chlorinated substances and the methods of complete chlorination of a number of the obtained chlorinated compounds

give preference to the methods of complete chlorination of hydrocarbons. It is important to note that one of the most effective methods for obtaining oxygen-containing organic compounds and their halogenated derivatives is the catalytic oxidation of hydrocarbons. The neutralization of oxidation processes was often accompanied by burning and conversion to CO2. As can be seen from the analysis of research works, catalytic systems used in catalytic oxidation reactions of chlorinated hydrocarbons were used. Our research is mainly devoted to catalysts used in the oxidation of hydrocarbons in the direction of studying the mechanism of C4-C5 hydrocarbons.

KARBON TURŞULARININ XLORLU TÖRƏMƏLƏRİNİN ALINMASI VƏ TƏTBİQİ

Yunisova F.A., Rüstəmova C.T., Nəbiyeva M.F., Əliyeva N.R., Əliyeva G.G.

Xülasə

Karbohidrogenlər və onların xlorlu törəmələri əsasında alınan bir cox üzvi birləş-mələr neft kimya sintezində, polimer maddələrin istehsalında, lak, boyaq maddələrinin , bioloji maddılərinin istehsalında geniş tətbiq olumuşdur. Bu baximdan xlorlu maddələrin sənaye istehsalınd proseslərin perespektiv istiqamətlərini və alınan xlorlu birləşmələrin bir sıra karbohidrogenlərin tam xlorlaşma üsullarına üstünlük veir. Qeyd etmək vacibdir ki, tərkibində oksigeh saxlayan üzvi biləşmələrin və onların hallogenli törəmələrinin müasi effektlıi alınma üsullarından əasi karbohidrogenlərin katalitik oksidləşmə proseslərıdir. Oksidləşmə proseslərinin zərərsizləşdirilməsi cox hallarda yandırılaraq CO_2–yə cevrilməsi olmuşdur. Tədqiqat işlərinin analizindən də və göründüyü kimi xlorlu karbo-hidrogenlərin katalitik oksidləşmə reaksiyalarında istifadə olunan katalitik sistemlərdə ibarət olmuşdur. Bizim tədqiqat əsassən C_4-C_5 karbohidrogenlərin mexanizminin öyrənilməsi istiqamətində karbohidrogenlərin oksidləşməsi prosesində tətbiq olunan katalizatorlara həsr edilmişdir.

STRUCTURE–ACTIVITY RELATIONSHIP OF Fe–Ni/Al_2O_3 CATALYSTS IN DRY REFORMING OF METHANE: Fe/Ni RADIAL DISTRIBUTION, PHASE COMPOSITION, AND H_2/CO RATIO CONTROL

[1]Rustamova A.I.,[1]Orujov Sh.Ch.,[1]Osmanova S.N., [2]Asgarova A.E., [1]Agayeva R.H., [1]Mammadova Z.M., [1]Ismailov E.H.

[1]Institute of Chemistry, [2]Baku State University

aygun.rustamova1601@gmail.com

Keywords: *Methane dry reforming (DRM),Fe–Ni catalysts, structure–activity relationship, phase composition, H_2/CO ratio;*

Açar sözlər: M*etanın quru reforminqi (DRM), Fe–Ni katalizatorları, struktur–aktivlik əlaqəsi, faza tərkibi, H_2/CO nisbəti* ;

Ключевые слова: *Сухая конверсия метана (DRM), Fe–Ni катализаторы, связь структура–активность, фазовый состав, соотношение H_2/CO.*

Dry methane reforming (DRM) is one of the most attractive catalytic methods for simultaneously utilizing two major greenhouse gases, methane and carbon dioxide, to produce syngas for downstream chemical applications. Because the stoichiometric H_2/CO ratio in

DRM is close to unity ($CH_4 + CO_2 \rightleftharpoons 2CO + 2H_2$), this reaction is particularly important for processes requiring CO-rich syngas compositions. However, the practical implementation of DRM remains challenging, as the reaction is highly endothermic and typically suffers from catalyst deactivation due to carbon deposition, metal sintering, and structural changes at high temperatures. Nickel catalysts remain among the most practical non-noble systems for DRM due to their high methane activation activity, although their long-term stability is highly dependent on interaction with the support, nickel dispersion, and the evolution of the working phase under reaction conditions. Among nickel systems, alumina-based catalysts are particularly important because Al_2O_3 provides a large surface area, thermal stability, and strong metal-support interactions. However, these same interactions can also promote the formation of tightly bound nickel-containing oxide or spinel-like compounds, which can either stabilize the catalyst structure or reduce the proportion of accessible nickel metal sites, depending on the synthesis and activation conditions. As a result, the catalytic behavior of Ni/Al_2O_3 systems is determined not only by the total nickel content but also by its species, phase evolution, and the balance between metallic nickel and support-bound nickel-containing domains [1-3]. In this study, the structure-activity relationships of an iron-nickel catalyst based on alumina are examined using a complementary data set: schematic attractor maps describing the evolution of Ni particle size, trends in the H_2/CO product ratio, and a spatial distribution map of Ni, Fe, and O elements in an iron-nickel catalyst based on alumina. Structural analysis shows that under high-CO_2 dry reforming of methane conditions, the catalytically active Ni phase tends to evolve toward a limited working region corresponding to Ni particle sizes of approximately less than 10 nm. SEM/EDS mapping of the 10 wt% Ni–5 wt% Fe/Al_2O_3 catalyst reveals a radially heterogeneous structure consisting of an oxygen-rich, Ni-rich core surrounded by an Fe-rich outer layer. This spatial organization provides a structural explanation for the increase in the H_2/CO ratio observed for the Fe-rich catalyst compositions, especially when using nitrate precursors for the synthesis of both metals. The Ni-rich inner region is proposed to promote efficient methane activation and hydrogen-forming side reactions, while the Fe-rich outer zone helps regulate the redox environment and contributes to carbon control without completely suppressing the formation of hydrogen-rich products. To describe structural stability under reaction conditions, a Lyapunov-type stability criterion is introduced for the coupled variables “phase composition – nickel domain size – Fe/Ni spatial distribution”. Within this conceptual model, a catalyst can be considered structurally stable if deviations from its quasi-steady-state operating state remain limited over the operating time. The proposed model integrates catalyst morphology, product selectivity, and structural stability into a single physicochemical model relevant for $Fe–Ni/Al_2O_3$ catalysts used in dry reforming of methane.

REFERENCES

1. Gao X., Lin W., Ge Z., Ge H., Kawi S. Modification Strategies of Ni-Based Catalysts with Metal Oxides for Dry Reforming of Methane. Methane, (2022), 1(3), 139-157. https://doi.org/10.3390/methane1030012

2. Gao X., Ge Z., Zhu G., Wang Z., Ashok, J., Kawi S. Anti-Coking and Anti-Sintering Ni/Al_2O_3 Catalysts in the Dry Reforming of Methane: Recent Progress and Prospects. Catalysts, (2021), 11(8), 1003. https://doi.org/10.3390/catal11081003

3. Rustamova A.I.,Gurbanov Z.G.,Mammadova Z.M.,Osmanova S.N.,GuluzadeA.Kh., Mammadov A.N.,IsmailovE.H..Thermal stability and thermodynamics of pyrolysis of mono-,bi-,and trinuclear carbinol derivatives of ferrocene. Journ. Of Chem. Problems, (2023) no.3(21),pp.251-261

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРЫ И АКТИВНОСТИ В КАТАЛИЗАТОРАХ Fe–Ni/Al_2O_3 ДЛЯ СУХОГО РИФОРМИНГА МЕТАНА: РАДИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Fe/Ni, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И КОНТРОЛЬ СООТНОШЕНИЯ H_2/CO

Рустамова А.И.,Оруджев Ш.Ч.,Османова С.Н., Асгерова А.Э., Агаева Р.Г., Мамедова З.М.,Исмаилов Э.Г.

Резюме

Углекислотная конверсия метана (УКМ) представляет собой привле-кательный путь одновременной утилизации CH_4 и CO_2 с образованием синтез-газа с отношением H_2/CO, близким к единице. Однако её практическое применение ограничено дезактивацией катализаторов, вызванной отложением углерода, спеканием металла и структурной эволюцией при высоких температурах. В случае катализаторов Fe–Ni/Al_2O_3 эти эффекты дополнительно осложняются сильным взаимодействием металл–носитель и образованием никельсодержащих оксидных и/или шпинелеподобных фаз, которые влияют на долю доступных металлических центров Ni. В данной работе взаимосвязь «структура–активность» в катализаторах Fe–Ni/Al_2O_3 анализируется с использованием совокупности комплементарных дескрипторов, включающих схематические аттракторные карты эволюции размеров частиц Ni, температурные зависимости отношения H_2/CO в продуктах реакции, а также SEM/EDS-карты пространственного распределения Ni, Fe и O. Показано, что в условиях CO_2-обогащённой УКМ каталитически значимаяNi-фаза стремится к ограниченной рабочей области, соответствующей размерам частиц Ni менее 10 нм. Для катализатора 10 мас.% Ni–5 мас.% Fe/Al_2O_3 методом SEM/EDS выявлена радиально неоднородная архитектура, состоящая из обогащённого Ni и кислородом ядра и обогащённой Fe внешней области. Такая пространственная организация объясняет повышенные значения H_2/CO, наблюдаемые для составов с более высоким содержанием Fe, особенно для катализаторов, синтезированных из нитратных прекурсоров. Для связанных переменных «фазовый состав – размер доменов Ni – пространственное распределение Fe/Ni» предложен критерий устойчивости типа Ляпунова, формирующий единую физико-химическую основу, связывающую мор-фологию катализатора, селективность по продуктам и структурную устойчивос ть в УКМ.

METANIN QURU REFORMINQI REAKSIYASINDA Fe–Ni/Al_2O_3 KATALIZATORLARININ QURULUŞ-AKTIVLIK ƏLAQƏSI: Fe/Ni RADIAL PAYLANMASI, FAZA TƏRKIBI VƏ H_2/CO NISBƏTININ IDARƏ OLUNMASI

Rüstəmova A.İ., Orucov Ş.Ç., Osmanova S.N., Əsgərova A.E., Agayeva R.H., Mammadova Z.M., Ismayılov E.H.

Xülasə

Metanın karbon qazı ilə quru reforminqi reaksiyası (MQK) CH_4 və CO_2-nin eyni vaxtda utilizasiyası üçün cəlbedici bir yanaşmadır və H_2/CO nisbəti vahidə yaxın olan sintez-qazın alınmasına imkan verir. Lakin bu prosesin praktik tətbiqi yüksək temperatur şəraitində karbon çöküntülərinin əmələ gəlməsi, metalın sinterləşməsi və quruluş dəyişiklikləri nəticəsində katalizatorların deaktivləşməsi ilə məhdudlaşır. Fe–Ni/Al_2O_3 katalizatorlarında bu təsirlər əlavə olaraq metal–daşıyıcı qarşılıqlı təsirinin güclü olması və metal Ni mərkəzlərinin payına təsir edən və tərkibində nikel olan oksid və ya şpineləbənzər fazaların yaranması ilə daha da mürəkkəbləşir. Bu işdə Fe–Ni/Al_2O_3 katalizatorlarında "quruluş–aktivlik" qarşılıqlı əlaqəsi bir-birini tamamlayan deskriptorlar toplusu əsasında təhlil edilmişdir; bu deskriptorlara Ni hissəciklərinin ölçülərinin təkamülünü əks etdirən sxematik attractor xəritələri, reaksiya məhsullarında H_2/CO nisbətinin temperaturdan asılılığı, həmçinin Ni, Fe və O elementlərinin fəza paylanmasını göstərən SEM/EDS xəritələri daxildir. Göstərilmişdir ki, CO_2 ilə zəngin MQR şəraitində katalitik cəhətdən əhəmiyyətli olan nikel fazası 10 nm-dən kiçik nikel hissəciklərinin ölçülərinə uyğun gələn məhdud işçi sahəyə meyl edir. 10 küt.% Ni–5 küt.% Fe/Al_2O_3 katalizatoru üçün SEM/EDS üsulu ilə nikel və oksigenlə zəngin nüvədən və dəmir ilə zəngin xarici sahədən ibarət radial qeyri-bircinsli arxitektura müəyyən edilmişdir. Belə fəza təşkilatlanması, xüsusilə hər iki metal üçün nitrat prekursorlardan istifadə olunaraq hazırlanmış və tərkibində dəmirin miqdarı çox olan katalizatorlar üçün müşahidə olunan H_2/CO nisbətinin artmış qiymətlərini izah edir. "Faza tərkibi – Ni domenlərinin ölçüsü – Fe/Ni fəza paylanması" dəyişənləri üçün Lyapunov tipli sabitlik meyarı təklif edilmişdir ki, bu da katalizatorun morfologiyası, tələb olunan məhsula görə selektivliyi və MQR şəraitində quruluş sabitliyi arasında vahid fiziki-kimyəvi əlaqə yaradır.

NİKEL ƏSASLI KOMPLEKSİN SİNTEZİ VƏ TOLUOLUN HİDROGENLƏŞMƏSİ REAKSİYASINDA KATALİTİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Rəhimli N.T., Məmmədova Ü.Ə., Aslanova H.F., Babayeva D.T.
Kimya İnstitutu

Açar sözlər: *Polimer, metal nanohissəciklər, toluolun hidrogenləşməsi.*
Keywords: *Polymer, metal nanoparticles, hydrogenation of toluene.*

Son onilliklərdə nanotexnologiya sahəsində nəzərəçarpacaq irəliləyişlər əldə olunmuş və bu sahə elmin, mühəndisliyin ən dinamik, sürətlə inkişaf edən istiqamət-lərindən birinə çevrilmişdir [1]. Nanoelm və nanotexnologiya mahiyyət etibarilə fənlərarası bir tədqiqat sahəsidir. Buna görə nanoölçülü strukturların tam şəkildə dərk olunması üçün fizika, kimya və biologiya kimi fundamental elmlərin ciddi nəzəri bazasının mənimsənilməsi, həmçinin materialşünaslıq, elektronika, maşınqayırma, kimya mühən-disliyi və biomühəndislik üzrə tətbiqi biliklərin olması vacibdir.Nanotexnologiya materialların əsas fiziki və kimyəvi xassələrini dəyişdirmək, onların ölçüsünü nanoölçülü miqyaslara endirmək, nəticədə isə unikal elektrik, optik və mexaniki xüsusiyyətlərə malik yeni materialların əldə olunmasına imkan yaradır.Ölçüsü 100 nm və ya daha kiçik olan nanomateriallar doldurucular, katalizatorlar, yarımkeçiricilər, kosmetik məhsullar, mikroelektronika, dərman çatdırılma sistemləri, enerji saxlama qurğuları və sürtünməni azaldan örtüklər kimi müxtəlif kommersiya

sahələrində geniş tətbiq olunur [2,3]. Mövcud tədqiqat istiqamətləri materialların nanometr miqyasında hazırlanması və işlənməsi üçün sərfəli və effektiv yanaşmaların inkişafına xüsusi diqqət yetirir. Bu baxımdan metal nanohissəciklər də geniş tətbiq sahəsinə malikdir. Onların xüsusiyyətləri əsasən ölçü, morfologiya və nanostrukturdan asılı olaraq formalaşır [4].Metal nanohissəciklər aqreqasiya meylinə malik olduğundan, bu prosesin qarşısını almaq məqsədilə onlar polimer matrislərində immobilizasiya edilir.Polimer matrislər çoxşaxəli tətbiq imkanları, hazırlanma asanlığı, mexaniki dayanıqlığı və tənzimlənə bilən səthi xüsusiyyətləri səbəbindən katalizator sintezində daşıyıcı kimi böyük maraq doğurur. [5].Bu məqsədlə polivinilpirolidon (PVP) yüksək sabitliyi və əla həllolma qabiliyyəti səbəbindən geniş şəkildə effektiv stabilizator kimi istifadə olunur. Onun həm suda, həm də müxtəlif üzvi həlledicilərdə həll olması metal ionları və nanohissəciklərlə komplekslərin asanlıqla formalaşmasına şərait yaradır. PVP-nin karbonil və amid qrupları metal səthlərinə bağlana bilir və bu da hissəciklərin aqreqasiyasının qarşısını alaraq ölçü və forma baxımından vahid paylanmanı təmin edir.Bundan əlavə, PVP-nin zəhərsiz və biouyğun (biokompatibil) təbiəti onu həm sənaye, həm də biotibbi tətbiqlər üçün uyğun stabilizator edir [6]. Eyni zamanda nikel əsaslı katalizatorlar bir çox kimyəvi reaksiyanın tələblərini effektiv şəkildə təmin etdiklərinə görə geniş üstünlük təşkil edir. Bu katalizatorlar xüsusilə hidrogenləşdirmə proseslərində geniş tətbiq olunur. Toluolun hidrogenləşmə reaksiyası laboratoriya miqyaslı axın reaktorunda həyata keçirilmişdir [7]. Bütün bunları nəzərə alaraq təqdim olunan işdə [8] metodika əsasında PVP/Ni (15%) sintez edilmiş və alınmış kompleksin katalitik xassələri toluolun hidrogenləşməsi prosesində tədqiq edilmişdir.

Tədqiqat zamanı temperaturun məhsulların çıxımına və selektivliyinə təsiri öyrənilmişdir. Alınmış təcrübi nəticələr göstərmişdir ki, temperatur artdıqca məqsədli məhsulun çıxımında artım müşahidə olunur. Reaksiya 2, 4 və 6 saat müddətində, temperatur intervalı 40-100^{0}C, toluolun:hidrogenə olan mol nisbəti 1:3 götürülmüş və nəticədə məqsədli məhsul olan metiltsikloheksanın maksimal çıxımı 100^{0}C temperaturda, 6 saat müddətində və $C_6H_5CH_3$:H_2=1:3 60,9 % selektivliklə 16,2 %, təşkil etmişdir.

Ümumilikdə aparılmış tədqiqatlar təsdiq edir ki, bu tip kompleks katalizatorlarda temperaturun idarə olunması reaksiyanın istiqamətini, sürətini və məhsul bölgüsünü tənzimləmək üçün həlledici amildir.

REFERENCE

1. Waseem Ahmad, Sumit Chandra Bhatt, Monu Verma, Vinod Kumar , Hyunook Kim. A review on current trends in the green synthesis of nickel oxide nanoparticles, characterizations, and their applications. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management 2022, Volume 18, 100674. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100674

2.N.Rəhimli, N.Zeynalov, Ü.Məmmədova. Nanohissəciklərin quruluş və ölçülərinin müəyyən edilməsi üsul və metodları. Sumqayıt Dövlət Universiteti Elmi Xəbərlər, Təbiət və texniki elmlər bölməsi, 2023,№3 səhifə 41-46. DOI:10.54758/16801245_2023_23_3_41

3.M. Müller, H. Vural, C. Schneider, A. Rastelli, O. Schmidt, S. H¨ofling, P. Michler. Quantum-dot single-photon sources for entanglement enhanced interferometry, Phys. Rev. Lett.,2017, 118 (25), 257402.

4.L. Polavarapu, S. Mourdikoudis, I. Pastoriza-Santos and J. Pérez-Juste, CrystEngComm, 2015, 17, 3727–3762.

5.Metwalli, O.I., Eisa, W., Anis, B., Salem, A.N.M., Khalil, A.S. & Khalil, M.M. (2022). High performance Ni nanoparticles@ Graphene oxide-crosslinked poly (vinyl alcohol) free-standing film for catalytic applications: Reductive and oxidative reactions. *Journal of Materials Research and Technology*, 20, p.1142-1156.
https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.07.133
6.Roopasri Rajamany, Sivakrishna Prakash, Yahya A. Ismail. Polyvinylpyrrolidone (PVP) assisted synthesis of Ni MOF: Enhanced supercapacitive performance through morphology control. Next Mat.2025,Vol7,100459. https://doi.org/10.1016/j.nxmate.2024.100459
7.N.Rahimli, U.Mammadova, N.Zeynalov, N.Shikhverdiyeva, K.Hasanova. A Study of the Toluene Hydrogenation Reaction in the Presence of Polymer/Nickel-Based Nanocatalysts. Nature & Science International Scientific Journal, 2025, Volume: 7, Issue: 4. P. 9-13.
https://doi.org/10.36719/2707-1146/55/9-13
8.N.T.Rahimli, U.A.Mammadova, D.B.Tağıyev, N.A.Zeynalov, B.A.Ismayılova, E.H. Babayev. Synthesis and structural characterization of nickel nanoparticles capped polyvinylpyrrolidone. Asian Journal of Chemistry, 2025,Volume 37, No.2, pages. 309-312.
https://doi.org/10.14233/ajchem.2025.32948

NİKEL ƏSASLI KOMPLEKSİN SİNTEZİ VƏ TOLUOLUN HİDROGENLƏŞMƏSİ REAKSİYASINDA KATALİTİK XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Rəhimli N.T., Məmmədova Ü.Ə., Aslanova H.F., Babayeva D.T.

Xülasə

Polimerlə sabitləşdirilmiş metal nanohissəcikləri kataliz, tibb və materialşünaslıqda geniş tətbiq olunan perspektivli materiallar olaraq son illərdə xüsusi diqqət çəkir. Bu sistemlər mülayim reaksiya şəraitində yüksək katalitik aktivlik göstərməsi və ekoloji baxımdan üstün olması ilə fərqlənir. Stabilizatorlar arasında polivinilpirolidon (PVP) yüksək həllolma qabiliyyəti və effektiv stabilləşdirmə xüsusiyyətlərinə görə seçilir. Bu tədqiqat çərçivəsində PVP mühitində nikel əsaslı kompleks sintez edilmiş və müxtəlif fiziki-kimyəvi üsullarla xarakterizə edilmişdir. Sintez olunmuş kompleksin katalitik aktivliyi toluolun hidrogenləş-dirilməsi reaksiyasında qiymətləndirilmiş, müxtəlif reaksiya şərtlərində aktivlik və seçicilik göstəriciləri sistemli şəkildə tədqiq edilmişdir.

SYNTHESIS OF A NICKEL-BASED COMPLEX AND STUDY OF ITS CATALYTIC PROPERTIES IN THE HYDROGENATION REACTION OF TOLUENE

Rahimli N.T., Mammadova U.A., Aslanova H.F., Babayeva D.T.

Summary

Polymer-stabilized metal nanoparticles have attracted particular attention in recent years as promising materials widely applied in catalysis, medicine, and materials science. These systems are distinguished by their high catalytic activity under mild reaction conditions and their environmental advantages. Among stabilizers, polyvinylpyrrolidone (PVP) stands out due to its high solubility and effective stabilizing properties. In this study, a nickel-based complex was synthesized in a PVP medium and characterized using various physicochemical methods.The catalytic activity of the synthesized complex was evaluated in the hydrogenation nation of toluene, and the activity and selectivity indicators were systematically

investigated under various reaction conditions.

ARİLALKİLFENOLUN AZOT TƏRKİBLİ TÖRƏMƏLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏTBİQİ

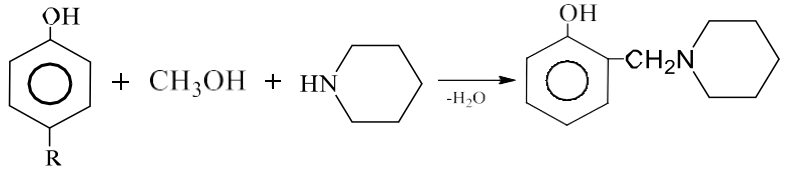
Qurbanlı Ü.R., Həsənov Ə.A., Rəsulov Ç.Q.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
gurbanli.ulviyya@mail.ru

Açar sözlər: *Alkilfenol, pirolizin maye məhsulları, katalizator, arilalkilləşmə, para-arilalkilfenol.*

Alkilfenollar kimya sənayesində geniş tətbiq sahəsinə malik mühüm məhsullar sırasına daxildir. Bu səbəbdən onların alınması məsələsi bu gün də aktual olaraqqalır. Hazırda dünya üzrə alkilfenollara olan illik tələbat 400 000 tondan çoxdur və bu tələbatın yalnız 80–90%-i ödənilə bilir.Bununla yanaşı, alkil fenollara olan ehtiyac hər il təxminən 2% artır. Bu artım əsasən yeni alkilfenol törəmələrinin sintezi və onların yeni tətbiq sahələrinin aşkar edilməsi ilə bağlıdır.

Tərəfimizdən yeni üsulla sintez edilmiş *para*-arilalkil fenolun ilk dəfə olaraq morfolin və piperidinlə aminometilləşmə reaksiyaları aparılmış və nəticədə Mannix əsasları əldə olunmuşdur.*para*-arilalkil fenolun morfolin və piperidinlə aminometilləşmə reaksiyaları laboratoriya şəraitində üçboğazlı kolbada həyata keçirilmişdir. Müvafiq miqdarda arilalkilfenol, morfolin (vəyapiperidin) və benzol kolbaya əlavə edilərək qarışıqqızdırılır. Temperatur 40–45°C-ə çatdıqda, damcı qıfı vasitəsilə 40 dəqiqə ərzində hesablanmış miqdarda formalin tədricən reaksiyaya daxil edilir.

Formalin əlavə olunması başa çatdıqdan sonra temperatur 80°C-yə qədər yüksəldilir və qarışıq bu şəraitdə 2 saat müddətində qarışdırılır. Daha sonra temperatur 110°C-yə qədər artırılır və bu mərhələdə reaksiyada istifadə olunan benzol və əmələ gələn susistemdən kənarlaşdırılır.nNəticədə alınmış aminometilləşmə məhsulları aşağı təzyiq altında distillə olunara qayrılır.



2-Morfolinometil-4 (arilalkil) fenolun İQ spektrində aşağıdakı udulma zolaqları qeydə alınır: 746 sm^{-1}-də CH_2 qrupuna məxsus C–H rabitəsinin deformasiya rəqsləri; 1313, 1362, 1383, 1454, 1477, 2868, 2928 və 2953 sm^{-1}-də CH_3 və CH_2 qruplarınauyğungələn C–H rabitələrinin valent rəqsləri; 818 və 873 sm^{-1}-də 1,2,4-əvəzolunmuş benzol nüvəsi; 1503 sm^{-1}-də benzol halqası; 1615 sm^{-1}-də aromatik halqanın C=C rabitəsi; 1192 sm^{-1}-də üçüncü dərəcəli azot atomuna xas udulma zolağı; 1096 və 1123 sm^{-1}-də C–O–C rabitəsinin rəqsləri; 1247, 3288 və 3366 sm^{-1}-də isə OH qrupunun müvafiq olaraq deformasiya və valent rəqsləri müşahidə olunur.

2-Morfolinometil-4(arilalkil)fenolun ^1H NMR spektrində aşağıdakı siqnalla rizlənilir: arilalkil radikalında yerləşən CH_3 qrupunun hidrogenləri δ=1.42 m.h.-də (sinqlet), tsikloheksil

fraqmentinə aid hidrogenlər δ=1.75–2.24 intervalında, $N(CH_2)_2$ qrupunun hidrogenləri δ=2.84-də (sinqlet), $O(CH_2)_2$ və CH_2N qruplarına məxsus hidrogenlər δ=3.92–4.00 intervalında (multiplet), aromatik nüvənin hidrogen atomları isə δ=6.95, 7.12 və 7.39 m.h.-də (multiplet) qeydəalınır.Sintez edilmiş 2-morfolinometil-4(arilalkil)fenolun fiziki-kimyəvi göstəriciləri aşağıdakı kimidir: brutto formulu $C_{19}H_{23}O_2N$; qaynama temperaturu 207–211°C (10 mm civə sütunu təzyiqində); sınma göstəricisi n_D^{20} = 1.5136; sıxlığı ρ_4^{40} = 1.4136; mol kütləsi isə 297-dir.

ƏDƏBİYYAT

1. Нагиева М.В., Расулов Ч.К., Синтез и свойства метиловых эфиров 3,5 – диметил-циклоалкил–4–гидроксифенилпропионовой кислоты //Изв.вузов. Химия и хим. технология. 2023, т.66, вып.6, с.85-93.

2. Majidov E.A., Azimova R.K., Azizov A.H., Ibrahimov H.I. Arylalkylation of phenol with 130-190℃ fraction of liquid products of pyrolysis in the presence of Ceokar-2 catalyst // Processes of petrochemistry and oil-refining, 2013, vol.14, №1(53), p.43-49.

3. Гурбанлы У.Р., Гасанов А.А., Расулов Ч.К.Исследование реакции взаимодействия фенола с фракцией 130-190°С жидкого продукта пиролиза в присутствии катализатора КН – 30//Булатовские чтения Материалы VII Международной научно-практической конференции, - Краснодар:-2022, Т. 2, - с. 68-70.

3. Гасанов А.А, .Гурбанлы У.Р., Гейдарли Г.З., Нагиева М.В., Расулов Ч.К. Синтез и свойства 2-гидрокси-3[3(4)-метилциклогексен-3-ил-изопропил]-5-арилалкилацетофенона // Российский химический журнал, 2022, № 4, с.42-48.

ARİLALKİLFENOLUN AZOT TƏRKİBLİ TÖRƏMƏLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏTBİQİ

Qurbanlı Ü.R., Həsənon Ə.A., Rəsulov Ç.Q.

Xülasə

Alkilfenollar kimya sənayesində geniş istifadə olunan və əhəmiyyətli məhsullar sırasındadır. Onların istehsalı və əldə olunması məsələsi hələ də aktual olaraq qalır. Bu tələbatın artması əsasən yeni alkilfenol törəmələrinin sintezi və tətbiq sahələrinin genişlənməsi ilə izah olunur. Tərəfimizdə sintez edilmiş para-arilalkilfenol ilk dəfə olaraq morfolin və piperidinlə aminometilləşmə reaksiyasına məruz qoyularaq Mannix əsasları əldə edilmişdir. *para*-arilalkilfenolun morfolin və piperidinlə aminometilləşməsi labo-ratoriya şəraitində üçboğazlı kolbada aparılmışdır. Reaksiya üçün arilalkilfenol, müvafiq amin və benzol kolbaya əlavə edilərək qarışıq qızdırılır. Temperatur 40–45°C-ə çatdıqda, formalin 40 dəqiqə ərzində damcı-damcı şəkildə reaksiyaya daxil edilir.

СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДНЫХ АРИЛАЛКИЛФЕНОЛА

Гурбанлы У.Р., Хасанон А.А., Расулов К.Г.

Резюме

Алкилфенолы занимают важное место в химической промышленности и широко используются. Вопрос их производства и получения остаётся актуальным и в настоящее время. Рост потребности в этих соединениях в основном связан с синтезом

новых производных алкилфенолов и расширением областей их применения. В нашей работе синтезированный пара-арилалкильный фенол впервые подвергался аминометилированию с морфолином и пиперидином, в результате чего были получены основания Манникса.Аминометилирование пара-арилалкильного фенола проводилось в лабораторных условиях в трёхгорлой колбе. Для реакции арилалкильный фенол, соответствующий амин и бензол помещались в колбу и нагревались. Когда температура достигала 40–45°C, формалин в течение 40 минут постепенно добавлялся капельно в реакционную смесь.

SYNTHESIS AND APPLICATION OF NITROGEN-CONTAINING DERIVATIVES OF ARYLALKYLPHENOL

Gurbanli U.R., Hasanon A.A., Rasulov C.G.

Summary

Alkylphenols are important products in the chemical industry and have wide applications. Their production and synthesis remain an actual and relevant issue. The increasing demand is mainly due to the synthesis of new alkylphenol derivatives and the expansion of their application areas. In our study, the synthesized para-arylalkylphenol was, for the first time, subjected to aminomethylation with morpholine and piperidine, resulting in the formation of Mannix bases.

The aminomethylation of para-arylalkylphenol was carried out under laboratory conditions in a three-necked flask. For the reaction, arylalkylphenol, the corresponding amine, and benzene were added to the flask and heated. When the temperature reached 40–45°C, formalin was gradually added dropwise to the reaction mixture over 40 minutes.

INTERFACIAL REDOX AND OXYGEN SPILLOVER IN MnO_x–Na_2WO_4/ SiO_2 CATALYST: SELECTIVE FORMATION OF C_2 HYDROCARBONS FROM METHANE

[1,2]Osmanova S.N. , [3]Thybaut J.W., [1]Ismailov E.H.
MSERA, [1]Institute of Chemistry, [2]Khazar University,
[3]Laboratory for Chemical Technology (LCT), Department of Materials, Textiles, and Chemical Engineering, Ghent University, Belgium
sevinj.nasib.osmanli.26@gmail.com

Keywords: *$MnOx$-Na_2WO_4/SiO_2 catalyst, OCM, surface reconstruction, O-spillover;*
Açar sözlər: *$MnOx$-Na_2WO_4/SiO_2 katalizatoru, metanın oksidləşdirici konden-sləşməsi, səthin rekonstruksiyası, oksigen ötürülməsi;*
Ключевые слова: *$MnOx$-Na_2WO_4/SiO_2 катализатор, реакция ОКМ, реконструкция поверхности, спиловер кислорода.*

Oxidative coupling of methane (OCM) over MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2 remains a challenging problem due to competition between selective C–H activation and total oxidation to CO and CO_2. Despite its relatively high C_2 selectivity and thermal stability, the active state of this system cannot be adequately described as a set of fixed bulk phases. Instead, it should be

viewed as a dynamically reconstructed near-surface region composed of Na–WO_x species, MnO_x domains, and a mobile Na_2WO_4 phase [1,2]. The 0.8Na–3.2W–2Mn/SiO_2 catalyst was characterized by XPS, EDS, and EPR before and after OCM ($CH_4/O_2 \geq 4$). XPS reveals significant surface reconstruction with enrichment of Na, W, and Mn and reduced Si contribution.In contrast, EDS (probing ~0.5–1 μm depth) shows a decrease in the Mn/W ratio from >1 to <1 after reaction, indicating Mn migration into subsurface regions and retention of W in a Na_2WO_4-rich surface phase. Together, these results indicate a stratified near–surface architecture rather than a homogeneous bulk structure. EPR spectra are dominated by broad MnOx signals characteristic of exchange-coupled species, along with a reduced contribution from isolated Mn^{2+}, indicating redox transformation and aggregation. Although no distinct W^{5+} signal is resolved due to overlap with MnO_x features, XPS suggests partial reduction of W^{6+} under oxygen–deficient conditions. Thus, Mn acts as the primary redox–active center, while W functions as a secondary electron/oxygen buffer. The catalyst operates as a dynamic interfacial system in which MnO_x sites activate methane, Na–W–O domains regulate oxygen mobility, and Mn–O–W interfaces enable coupled electron and oxygen transfer. Oxygen spillover from Na–W–O to MnO_x controls reactive oxygen availability, while Mn↔W redox coupling stabilizes electron flux, resulting in "metered oxygen delivery" that favors C_2 formation and suppresses deep oxidation. In kinetic terms, the selective regime may be expressed as $r_{CH4\ act} \approx r_{O\ transfer} > r_{deep\ ox}$, where matching between methane activation and oxygen supply is required to prevent overoxidation. The local oxygen chemical potential may be treated as a field variable, $\mu_O=\mu_O(x,t)$, whose spatial and temporal gradients are governed by oxygen transport, surface exchange, and redox buffering at Mn–O–W interfaces. A moderate μ_O stabilizes the rate window for C_2 formation, whereas an excessively high μ_O shifts the system toward CO_x, and an excessively low μ_O limits oxidative coupling by insufficient activation of surface oxygen species. This behavior can be formalized by introducing a Lyapunov–type functional $V(\mu_O,\theta_{Mn},\theta_W,\xi_{redox})$, for which the condition $dV/dt \leq 0$ represents dynamic stabilization of the selective nonequilibrium state. Within this framework, surface enrichment, oxygen spillover, and Mn↔W redox coupling act as dissipative channels that damp deviations from the optimal operating regime. OCM selectivity is therefore governed by the local oxygen chemical potential (μ_O) at MnO_x–tungstate interfaces: high μ_O promotes CO_x formation, whereas moderate μ_O ensures optimal C_2 yield. The system operates not via bulk phase cycling but as a redox–segregation steady state stabilized by surface enrichment, oxygen spillover, and Mn↔W redox buffering. Thus, MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2 should be considered a self–stabilizing nonequilibrium system with a dynamically stratified near-surface region, where surface reconstruction, oxygen transfer, and interfacial redox coupling collectively define the observed window of high C_2 selectivity under OCM conditions.

This work is funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No.814557.

REFERENCES

1. Werny M. J., Wang Y.,Girgsdies F.,Schlögl R.,Trunschke A. Fluctuating Storage of the Active Phase in a Mn–Na_2WO_4/SiO_2 Catalyst for the Oxidative Coupling of Methane

1. . *Angew.Chem.Int.Ed.*(2020), *59* (35), 14921–14926.

https://doi.org/10.1002/anie.202004778
2. Kiani D, Sourav S, Baltrusaitis J, Wachs I.E Oxidative Coupling of Methane (OCM) by SiO_2-Supported Tungsten Oxide Catalysts Promoted with Mn and Na. *ACSCatal*. (2019),9, 5912–5928. https://doi.org/10.1021/acscatal.9b01585

МЕЖФАЗНЫЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И "SPILOVER"КИСЛОРОДА В КАТАЛИЗАТОРЕ MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2: СЕЛЕКТИВНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ C_2-УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ МЕТАНА

Османова С.Н., Тибот Ж.В., Исмаилов Э.Г.

Резюме

Окислительное сочетание метана на катализаторе MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2представляет значительный интерес как путь селективного получения C_2-углеводородов, однако природа его активного состояния в условиях реакции остаётся дискуссионной. В данной работе катализатор 0.8Na–3.2W–2Mn/SiO_2 исследован до и после реакции OCM методами XPS, EDS и ЭПР с целью установления взаимосвязи между поверхностной реконструкцией, редокс-свойствами и селективностью. Показано, что в реакционной среде система не может быть описана как совокупность фиксированных объёмных фаз, а должна рассматриваться как динамически стратифицированная приповерхностная область, включающая Na–WO_x-виды, домены MnO_x и подвижную фазу Na_2WO_4. Данные XPS указывают на обогащение внешнего слоя Na, W и Mn, тогда как EDS фиксирует уменьшение отношения Mn/W в более глубоких слоях, что свидетельствует о перераспределении Mn в подповерхностную область и удержании W в Na_2WO_4-богатой поверхностной фазе. ЭПР показывает, что MnO_x является основным редокс-активным компонентом, тогда как W выполняет функцию вторичного электронно-кислородного буфера. Предлагается, что высокая C_2-селективность определяется локальным химическим потенциалом кислорода на интерфейсах Mn–O–W, а устойчивость каталитического состояния обеспечивается поверхностным обогащением, oxygenspillover и редокс-буферизацией Mn↔W.

MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2KATALİZATORUNDA İNTERFEYSREDOKSPROSESLƏRİ VƏ OKSİGENİNSPİLLOVEREFFEKTİ: METANDANC_2KARBOHİDROGENLƏRİNİNSELEKTİVALINMASI

Osmanova S.N., Thybaut J.V., İsmayılov E.H.

Xülasə

MnO_x–Na_2WO_4/SiO_2 katalizatoru üzərində metanın oksidləşdirici kondensasiyası (MOK) C_2-karbohidrogenlərin selektiv alınması üçün mühüm istiqamət kimi böyük maraq doğurur, lakin reaksiyanın gedişində onun aktiv vəziyyətinin təbiəti hələ də müzakirə mövzusudur. Bu işdə 0.8Na–3.2W–2Mn/SiO_2 katalizatoru MOK reaksiyasından əvvəl və sonra XPS, EDS və EPR metodları ilə tədqiq edilmiş və səthin rekonstruksiyası, redoks-xüsusiyyətlər və selektivlik arasındakı qarşılıqlı əlaqə müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, reaksiya mühitində sistem sabit fazalarının toplusu kimi deyil, Na–WO_xformaları ilə əlaqəli olan MnO_x domenlərini və reaksiya şəraitində maye tipli Na_2WO_4 fazasını əhatə edən dinamik

şəkildə sistemli səthə yaxın sahə kimi nəzərdən keçirilməlidir.XPS nəticələri səthin Na, W və Mn ilə zənginləşdiyini göstərir, EDS isə daha dərin qatlarda Mn/W nisbətinin azalmasını qeydə alır ki, bu da Mn-ın alt-səthə miqrasiyasını və W-ın Na_2WO_4 ilə zəngin səth fazasında qalmasını göstərir. EPR nəticələrinə görə MnO_x əsas redoks-aktiv komponentdir, W isə ikinci dərəcəli elektron–oksigen buferi rolunu oynayır. Təklif olunur ki, C_2-karbohidrogenlərin yüksək selektivliyi Mn–O–W interfeyslərində lokal oksigenin kimyəvi potensialı ilə müəyyən olunur, katalitik xüsusiyyətin sabitliyi isə səthin zənginləşməsi, oksigenin“spilloveri” və Mn↔W redoks-buferləşməsi ilə təmin edilir.

AZƏRBAYCAN NEFTLƏRİ QARIŞIĞININ T-1500 MİNERAL YAĞ DİSTİLLATINDAN AYRILMIŞ NAFTEN-PARAFİN KONSENTRATININ OKSİDLƏŞMƏSİNDƏN ALINAN SİNTETİK NEFT TURŞULARININ DİETİLENQLİKOL DİEFİRİ - YENİ ANTİOKSİDANT KİMİ

Nəsibova G.Q., Sədiyeva N.F., İsgəndərova S.A., Əsədova Ş.N., Quliyeva E.M., Qurbanova G.K.

Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

nasibovag@inbox.ru

Açar sözlər: *Sintetik neft turşuları, dietilenqlikol, toluol, mürəkkəb efir, dizel yanacağı, antioksidant.*

Ключевые слова: *Синтетические нефтяные кислоты, диэтиленгликоль, толуол, сложный эфир, дизельное топливо, антиоксидант.*

Key words: *Synthetic petroleum acids, diethylene glycol, toluene, ester, diesel fuel, antioxidant.*

Sintetik neft turşularının (SNT) və onun törəmələrinin sintezi və tətbiq sahələrinin öyrənilməsi istiqamətində bir sıra elmi-tədqiqat işləri aparılmış vəmüəyyən olunmuşdur ki, adı çəkilən turşunun mürəkkəb efirləri sərfəli həlledici, plastifikator olmaqla yanaşı, həm də dizel yanacağının (D/Y) keyfiyyət və istismar xassələrini yaxşılaşdıran antioksidantlar sırasına daxildir [1-3]. Bunu nəzərə alaraq, təqdim olunan tezis sənayedə geniş miqyasda istifadə olunan ionolu əvəz edə biləcək potensiala malik yeni antioksidantın sintezinə və tədqiqinə həsr olunmuşdur. Tədqiqatları yerinə yetirməmişdən əvvəl bu istiqamətdə aparılan elmi-tədqiqat işləri araşdırılmış və aşağıda göstərilmişdir:

- sintetik neft turşularının mürəkkəb efirləri geniş tətbiq sahələrinə malik olduğu üçün təqdim olunan tezis Azərbaycan neftlərinin mineral yağ distillatından (T-1500) ayrılmış naften-parafin konsentratının oksidləşməsindən alınmış sintetik neft turşuları əsasında 1,3-butandiolun monoefirinin ZnO katalizatorunun iştirakı ilə sintezinəvə dizel yanacağının keyfiyyət xassələrini yaxşılaşdıran üzvi maddə kimi tədqiqinə həsr olunmuşdur. Monoefiri D/Y-ya əlavə etdikdə D/Y-nın termooksidləşmə stabilliyini xarakterizə edən çöküntünün miqdarı 3,4 mq-dan 0,4 mq-ya qədər azalır və aşağı temperatur xassələrini xarakterizə edən bulanma temperaturu mənfi 2-dən mənfi 7-ə qədər aşağı düşür. Donma temperaturu (mənfi

20°C) isə dəyişmir[4].

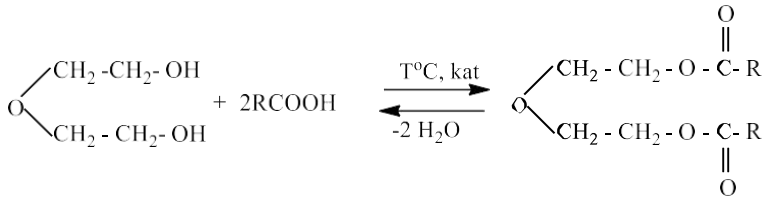
- məqalə TiO_2 heterogen katalizatorunun iştirakı ilə $C_9 – C_{11}$ sıra yağ turşuları (YT) və sintetik neft turşuları qarışığı (SNT:YT – 0.5:0.5 mol) əsasında tsikloheksil efirlərinin

sintezinə həsr olunmuşdur. Tsikloheksil efirlərinin sintezinin optimal şəraiti – katalizatorun miqdarının, xammalın molyar nisbətinin, temperaturun məqsədli məhsulun çıxımına təsiri ilə öyrənilmiş, efirlərin göstəriciləri analitik və spektral üsullarla təyin edilmişdir. Tsikloheksil efirləri dizel yanacağında sınaqdan keçirilmiş, həm antioksidant, həm də depressant kimi yüksək nəticələr əldə olunmuşdur. Belə ki, bu efirləri 0,004 % kütlə miqdarında 100 ml hidrotəmizlənmiş dizel yanacağına əlavə etdikdə çöküntünün miqdarı 1,8 mq-dan müvafiq olaraq 0,3; 0,32 və 0,35 mq-ya qədər, həmçinin aşağı temperatur xassələrini xarakterizə edən bulanma temperaturu mənfi 28 °C-dən mənfi 31 °C-ə qədər aşağı düşmüşdür, donma temperaturu isə dəyişməmişdir (mənfi 38 °C). Aparılan tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, tsikloheksil efirlərini dizel yanacağına əlavə etdikdə onun istismar xassələri xeyli yaxşılaşır[5].

Ədəbiyyat materiallarından görünür ki, SNT-nin mürəkkəb efirlərini dizel yanacağına əlavə etdikdə D/Y-nın həm termooksidləşmə stabilliyi, həm də onun aşağı temperatur xassələriyaxşılaşır. SNT-nin mürəkkəb efirlərinin antioksidant və depresant kimi üstünlüklərini nəzərə alaraq onun yeni çeşidlərinin artırılması məqsədi ilə tədqiqatlar aparılmış və aşağıda göstə-rilmişdir:

Eksperimental hissə

Ti_2O ($+Fe_mO_n$) katalizatorunun iştirakında SNT əsasında dietilenqlikolun (DEQ) simmetrik diefiri sintez olunmuş və aşağıdakı sxemdə göstərilmişdir:



Burada; R-sintetik neft turşularının radikalıdır.

Diefirin yüksək çıxımla alınması üçün əvvəlki işlərə istinad edərək [3] optimal şərait (T - 110-120°C, katalizatorun miqdarı, turşuya görə - 1,8 küt.%, SNT:DEQ – 2:1,5 mol) seçilmişdir. Seçilmiş optimal şəraitdə SNT və DEQ əsasında diefirin sintezi aşağıda göstərilmişdir:

Din-Stark suayrıcısı, soyuducu, qarışdırıcı və termometr ilə təchiz olunmuş üçboğazlı kolbaya 39,5 q (0,37 mol) DEQ, 233,75 q (0,25 mol) SNT, 4,20 q (0,05 mol) Ti_2O ($+Fe_mO_n$) katalizatoru, 195,0 q (2,12 mol) toluol yüklənmiş və reaksiya 5,5 saat davam etdirilmişdir. Reaksiyanın sonu ayrılan suyun miqdarına (9,0 q) və turşu ədədinə (0,75 mqKOH/q) görə təyin olunmuşdur. Reaksiya sona çatdıqdan sonra reaksiya məhsulu filtr kağızından süzülərək katalizatordan ayrılmış, xam efir atmosfer təzyiqində həlledicidən təmizlənərək, vakuumda qovulur və fiziki-kimyəvi göstəriciləri (qaynama temperaturu, sıxlıq, şüasındırma əmsalı, turşu-, sabunlaşma- və efir ədədi, özlülük, uçuculuq) təyin olunur. Sintez olunmuş efirin İQ-spektri Almaniyanın "Bruker" firmasının istehsalı olan "Alpha" İQ spektrometrində çəkilmiş və həmin maddənin mürəkkəb efir sinfinə aid olduğu təsdiqlənmişdir.

SNT-nin DEQdiefirinin dizel yanacağının xassələrinə təsiri laboratoriya şəraitində 120°C -də mis lövhənin iştirakı ilə 4 saat müddətində ЛСАРТ aparatında yerinə yetirilməklə öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, sintez olunmuş diefiri D/Y-ya əlavə etdikdə D/Y-nın termooksidləşmə stabilliyini xarakterizə edən çöküntünün miqdarı 2,0 mq-dan 0mq-ya

qədərazalmışdır.

Tədqiqatların nəticəsi SNT-nin DEQ diefirinin yeni antioksidant kimi dizel yanacağına tətbiqinə və bu istiqamətdə işlərin davamına şərait yaradır.

ƏDƏBİYYAT

1. Vagif M. Abbasov, Lala M. Afandiyeva, Gunay G. Nasibova, Nushaba M. Aliyeva, Saida F. Ahmadbayova, Laman M. Saadova, Seldjan M. Shafizada Catalytic properties of nanostructured graphene in liquid-phase oxidation of naphthene-paraffin hydro-car-bons of petroleum mineral oils/Processes of Petrochemistry and Oil Refining,2024,Vol.25,No.1,pp.3-11
2. Алиева С.Г., Гулиева Э.М., Гурбанов Г.М., Гусейнова С.Ш., Ахмедханова М.Ш. Синтез циклических неополиоловых эфиров и их применение в дизельном топ-ливе в качестве антиокислительных добавок. Тех. нефти и газа.2018,No. 1,pp.13-15
3. Sadiyeva, N.F., Nasibova. G.G., Iskenderova, S.A., Efendiyeva. L.M., Cherepnova, Yu.P., Aliyeva, S.G., Mazamova T.A Synthesis and study of mixed diesters of synthetic petroleum acids and fatty acids. Rus.Jour. of Appl.Chem, 2023, Vol. 96, pp. 417-421
4. Günay Nəsibova, Lalə Əfəndiyeva, Nazilə Sədiyeva, Elnarə Quliyeva, Şəfəq Məmmədova, Səma Məmmədova Sintetik neft turşularının 1,3-butandiol monoefiri dizel yanacağının keyfiyyət xassələrini yaxşılaşdıran yeni üzvi maddə kimi / Tələbə və Gənc Tədqiqatçıların VI Bey.Elmi Kon. "İNFOTECH-2025" 24-26 aprel, 2025, səh. 232-234
5. Н.Ф. Садиева, Г.Г. Насибова, Л.М. Эфендиева, С.А. Искендерова, С.Г. Алиева, Ю.П.Черепнова, И.А.Мустафаева Исследование циклогексиловых эфиров на основе смеси жирных и синтетических нефтяных кислот//Sumqayıt Dövlət Univer-siteti, 2024, cild 24, №3, səh. 43-48

AZƏRBAYCAN NEFTLƏRİ QARIŞIĞININ T-1500 MİNERAL YAĞ DİSTİL-LATINDAN AYRILMIŞ NAFTEN-PARAFİN KONSENTRATININ OKSİDLƏŞMƏSİNDƏN ALINAN SİNTETİK NEFT TURŞULARININ DİETİLENQLİKOL DİEFİRİ - YENİ ANTİOKSİDANT KİMİ

Nəsibova G.Q., Sədiyeva N.F., İsgəndərova S.A., Əsədova Ş.N., Quliyeva E.M., Qurbanova G.K.

Xülasə

Təqdim olunan iş Azərbaycan neftləri qarışığının T-1500 mineral yağ distillatından ayrılmış naften-parafin konsentratının oksidləşməsindən alınmış sintetik neft turşuları əsasında dietilenqlikolun diefirinin $TiO_2(+Fe_mO_n)$ katalizatorunun iştirakı ilə sintezinə və dizel yanacağının keyfiyyət xassələrini yaxşılaşdıran üzvi maddə kimi tədqiqinə həsr olunmuşdur.

ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВЫЙ ДИЭФИР СИНТЕТИЧЕСКИХ НЕФТЯНЫХ КИСЛОТ, ПОЛУЧЕННЫХ ОКИСЛЕНИЕМ НАФТЕНО-ПАРАФИНОВОГО КОНЦЕНТРАТА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ДИСТИЛЛЯТА МИНЕРАЛЬНОГО МАСЛА Т-1500СМЕСИ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ НЕФТЕЙ, В КАЧЕСТВЕ НОВОГО АНТИОКСИДАНТА

Насибова Г.Г., Садиева Н.Ф., Искендерова С.А., Асадова Ш.Н., Гулиева Е.М., Гурбанова Г.К.

Резюме

Представленныйтезис посвящен синтезу диэтиленгликолевого диэфира на основе синтетических нефтяных кислот, полученных путем окисления нафтено-парафинового концентрата, выделенного из дистиллята минерального масла Т-1500 смеси азербайджанских нефтей, в присутствии катализатора TiO_2 ($+Fe_mO_n$), и его изучению в качестве органического вещества, улучшающего качественные свойства дизельного топлива.

DIETHYLENE GLYCOL DIESTER OF SYNTHETIC PETROLEUM ACIDS, OBTAINED BY OXIDATION OF NAPHTHENE-PARAFFIN CONCENTRATE, ISOLATED FROM THE DISTILLATE OF MINERAL OIL T-1500 MIXTURE OF AZERBAIJANI PETROLEUM, AS NEW ANTIOXIDANT

NasibovaG.G., SadievaN.F., Iskenderova S.A., AsadovaSh.N., GulievaE.M., Gurbanova G.K.

Summary

This thesis focuses on the synthesis of diethylene glycol diester based on synthetic petroleum acids obtained by oxidizing a naphthene-paraffin concentrate isolated from the distillate of T-1500 mineral oil of the mixture Azerbaijani crudes, in the presence of a TiO_2 ($+Fe_mO_n$) catalyst. Its study as an organic substance for improving the quality properties of diesel fuel is also discussed.

orto-XLORFENOLUN İZOPRENİN TSİKLODİMERLRİ İLƏKATALİTİK ALKİLLƏŞMƏ REAKSİYALARI

[1,2]Mövsümova A.X.,[1]Rəsulov Ç.Q., .[2]Zalov Ə.Z,[2]İbrahimov H.İ.,[1]Həsənova G.C.

[1]Neft-KimyaProseslərİnstitutu, [2]AzərbaycanDövlətPedaqojiUniversiteti

movsumova85@gmail.com

Açar sözlər: *Orto-xlorofenol, izoprenintsiklodimerləri, katalizator, alkilləşmə, 2-xlor-4-Tsikloalkilfenollar.*

Keywords: *Ortho-chlorophenol, isoprene cyclodimers,catalyst, alkylation, 2-chloro-4-Cycloalkylphenols.*

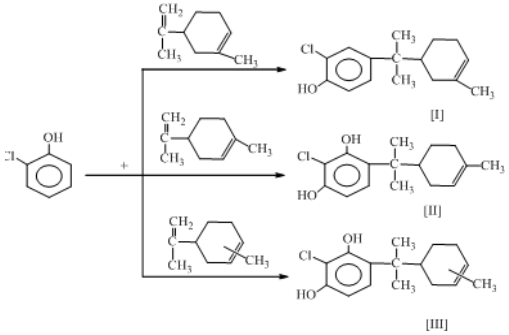
Ключевые слова: *Орто-хлорфенол, циклодимеры изопрена, катализатор, алкилирование, 2-хлор-4-циклоалкилфенолы.*

Hal-hazırda fenolun olefinlərlə alkilləşmə reaksiyalarımüxtəlif katalizatorlardan, o cümlədən turşulardan istifadə etməklə həyata keçirilir. Turşu katalizatorların istifadəsi korroziya,suların çirklənməsi, tullantıların əmələ gəlməsinə və yüksək katalizator istehlakı ilə bağlı bir sıra texniki çətinliklərə səbəb olur. Bu baxımdan, seolit tərkibli katalizatorlar digər katalizatorlara nisbətən bir sıra mühüm üstünlüklərə malikdir. Bu katalizatorların istifadəsi alkilfenol istehsalının maya dəyərini sadələşdirir və azaldır, suyun çirklənmə problemini aradan qaldırır və prosesi fasiləsiz aparmağa imkan verir və s. [1-4].

Təqdim olunan işdə seolit tərkibli Seokar-2M katalizatorunun iştirakı ilə *o*-xlorofenolun izoprenin tsiklodimerləri ilə fasiləsiz işləyən qurğuda alkilləşmə reaksiyasının tədqiqinin

nəticələrindən bəhs edilir. 4-Tsikloalkil-2-xlorofenolların alınmasında istifadə edilmişdir: Qaynama temp. 176°Colan təzə qovulmuş*o*-xlorofenol (OXF); $n_D^{20} = 1.5524; \rho_4^{20} = 1.2350;$ m.k.=129.5; qay. temp.160-161°C, təmizliyi 98% olandipren (DP);$n_D^{20} = 1.4659; \rho_4^{20} = 0.8347;$ m.k.=136; qaynama temp. 174-175°C olan dipenten (DPT); qay.temp.160-180 °C m.k.=136; $n_D^{20} = 1.4745; \rho_4^{20} = 0.8447;$ olan izopreninin tsiklodimerləri (İTSD), 160-180ºC, $n_D^{20} = 1.4735; \rho_4^{20} = 0.5458;$m.k.=136.

Katalizator kimi modifikasiya olunmuş seolit tərkibli Seokar-2 (ТУ-38-101483-77) istifadə edilmişdir. *o*-Xlorofenolun izoprenintsiklo dimerləriilə alkilləşmə reaksiyaları atmosfer təzyiqində, maye fazada, katalizator iştirakında və fasiləsiziş ləyən qurğuda aparılmışdır. Temperaturun, *o*-xlorofenolun izoprenintsiklo dimerinə mol nisbəti və başlanğıc komponentlərin həcmi sürətinin 4-tsikloalkil-2-xlorofenolların çıxımına və seçiciliyinətəsiri öyrənilmişdir. *o*-Xlorofenolun izoprenin tsiklodimerləriilə alkilləşməsi reaksiyalarının optimal şəraitini müəyyən etmək üçün reaksiya temperaturu 80-150°C, *o*-xlorfenolun izoprenin tsiklodimerinə olan mol nisbəti 0,5/2:1 mol/mol, həcmi sürəti isə 0,2-1,0 saat^{-1} arasında tədqiq edilmişdir. Fasiləsiz işləyən qurğuda aparılan seolit tərkibli Seokar-2 M katalizatorunun iştirakı ilə OXF-un izoprentsiklodimerləriilə alkilləşməsiüçün optimal şərait müəyyən edilmişdir: reaksiyatemperaturu 135-145°C, OXF: İTSD molnisbəti 1:1,həcmisürət 0,5 saat^{-1}. Bu şəraitdə 4-tsikloalkil-2-xlorofenolların OXF-agörəçıxımı 67.8-76.5%, seçiciliyi isəməqsədli məhsula görə 88.2-93.3% təşkil etmişdir. 4-Mono-tsikloalkil-2-xlorofenolların kimyəvi strukturu İQ və^{1}H NMR spektroskopiya üsulu ilə təsdiq edilmişdir. Sintez edilmiş 4 [3(4)-metilsikloheksen -3-il-izopropil]-2-xlorfenolların fiziki-kimyəvixas-sələrimüəyyən edilmişdir: [I]-T_q=168-170ºC/10mm c.st., $n_D^{20} = 1.51220; \rho_4^{40} = 1.0248;$ m.k.-265;[II]-T_q=176-178ºC /10mmc.st., $n_D^{20} = 1.5230; \rho_4^{20} = 1.0255;$m.k.-265; [III]-$T_q$=160-180ºC/ 10mm c.st., m.k.-265. $n_D^{20} = 1.5248; \rho_4^{40} = 1.0258;$ 4[3(4)-metilsikloheksen-3-il-izopropil]-2-xlorofenollar istiliyə və oda davamlı materialların istehsalı üçün səmərəli xammallardır.



1. Alekperova İ.İ., Aghamaliyev Z.Z., Rasulov Ch.K. Optimization of phenol cycloalkylation process with cyclehexene in the presence of catalyst KU-23// Key Engineering Materials, 2020, V. 869, pp 82-87.

2. Kotov S.V., Tyshchenko V.A., Zerzeva I.M., Tarasov A.V., Timofeeva G.V., Kotova N.S. Influence of alkylation parameters, raw material composition and type of catalyst on the ratio of obtained ortho- and *para*-alkylphenols. Petrochemstry.2017. V.57, No.2, p.199-203. DOI:10.7868/S0028242117020095.

3. Muradov M.M., Murshudlu N.A., Agayev A.A. Obtaining dimetylphenols by alkylation of cresols with methanol. Bashkir chemical journal. 2018. V.25 No 2, P.31-34. DOI:10.1722/bcj-2018-2-31-34.

4. Haydarli G.Z., Jafarov R.P., RasulovCh.K., Manafova A.R. Optimization of the alcylation of *para*-(1-methylcyclohexcyl)phenol with acetic acid in the presence of a nano-catalytic system.World of petroleum products. 2022. No 5, p.32-36.
DOI: 10.32758/2782-3040-2022-0-5-32-36.

orto-XLORFENOLUN İZOPRENİN TSİKLODİMERLRİ İLƏ KATALİTİK ALKİLLƏŞMƏ REAKSİYALARI

Mövsümova A.X., Rəsulov Ç.Q., Zalov Ə.Z., İbrahimov H.İ.,Həsənova G.C.

Xülasə

Təqdim olunan işdə seolit tərkibli Seokar-2M katalizatorunun iştirakında*orto*-xlor-fenolun izoprenin tsiklodimerləri ilə fasiləsiz işləyən qurğuda alkilləşmə reaksiyalarının tədqiqinin nəticələrindən bəhs edilir. Tapılmış optimal şəraitlərdə:135-145 ^{o}C tempera-turda, OXF:İTSD=1:1 mol nisbətində, həcmi sürətin 0,5 saat^{-1} qiymətində məqsədli məhsulların çıxımı 67.8-76.5%, seçiciliyi 88.2-93.3% olur.

РЕАКЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО АЛКИЛИРОВАНИЯ *орто*-ХЛОРФЕНОЛА С ЦИКЛОДИМЕРАМИ ИЗОПРЕНА

Мовсумова А.Х., Расулов Ч.К., Залов А.З., Ибрагимов Х.И., Гасанова Г.Д.

Резюме

В представленной работе изложены результаты исследования реакций алкили-рования*орто*-хлорфенола (ОХФ)циклодимерами изопрена (ЦДИ) в непрерывно-действующейустановке в присутствии цеолитсодержащего катализатора Цеокар-2М. При найденных оптимальных условиях: при температуре 135-145°С, молярном соотношении ОХФ:ЦДИ=1:1 и объемной скорости 0,5 ч$^{-1}$, выход целевых продуктов составляет 67,8-76,5%, а селективность – 88,2-93,3%.

CATALYTIC ALKYLATION REACTIONS OF *ortho*-CHLOROPHENOL WITH ISOPRENINE CYCLODIMERS

Movsumova A.Kh., Rasulov Ch.K., Zalov A.Z., İbrahimov H.İ., Hasanova G.C.

Summary

This paper presents the results of a study of *ortho*-chlorophenol (*o*-ClPh) alkylation reactions with isoprene cyclodimers (İCD) in a batch reactor using a catalyst containing Seokar-2M zeolite. Under optimal conditions: a temperature of 135-145°C, a molar ratio of *o*-ClPh:İCD = 1:1, and a space velocity of 0.5 h^{-1}, the yield of the target products is 67.8-76.5%, and the selectivity is 88.2-93.3%.

n-HEKSANIN FOSFATLAŞDIRILMIŞ SİRKONİUMDİOKSİD VƏ Co İLƏ MODİFİKASİYA OLUNMUŞ HZSM-5 SEOLİTİNDƏN İBARƏT KOMPOZİSİYA TƏRKİBLİ KATALİZATORLAR ÜZƏRİNDƏ ÇEVRİLMƏSİ

Məmmədova M.T., Abasov S.İ., İsayeva Y.S., İskəndərova A.Ə., Süleymanova T.İ., İmanova A.Ə.
Neft Kimya Prosesləri İnstitutu
memmedova-melahet@mail.ru

Açar sözlər: *n-heksan, fosfat anionu, izomerləşmə, seolit, kompozisiya tərkibli katalizator, izoselektivlik, konversiya*

Karbohidrogenlərin izomerləşdirilməsi sənayedə həm yanacaq, həm də neft-kimya məhsullarının istehsalı üçün geniş tətbiq edilir. İzomerləşmə reaksiyaları dönər ekzotermik prosesdir, həcmin dəyişməməsi ilə gedir, ona görə də termodinamik tarazlıq yalnız temperaturdan asılıdır. İzomerlərin, xüsusi ilə də yüksək oktan ədədinə malik çox şaxələnmiş izomerlərin çıxımına aşağı temperatur əlverişli şərait yaradır. Hazırda aşağı temperaturlarda izomerləşməni həyata keçirmək üçün sirkonium dioksid əsaslı katalizatorların sintezi və xassələrinin öyrənilməsi istiqamətində geniş tədqiqatlar aparılır. Belə katalizatorlardan bəziləri artıq sənayedə tətbiq olunur.

Turşu-əsasi, oksidləşdirici-reduksiyaedici xassələri, termiki stabilliyi və s. kimi müxtəlif fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri [1] sirkonium dioksiddən müxtəlif modifikasiyalar yolu ilə bir çox proseslər üçün effektiv katalizatorlar hazırlamağa imkan verir. Modifikator kimi istifadə edilən keçid metalların oksoanionları (volfram, molibdat) [2-5] sulfat və fosfat anionları [6,7] onun turşu və tekstura xüsusiyyətlərini olduqca sadə şəkildə dəyişdirə bilirlər. Beləki, oksoanionlarla modifikasiya Brensted turşu mərkəzlərinin yaranmasına səbəb olur sirkonium dioksidin sinterləşməsinə və tetragonal fazanın monoklinik fazaya çevrilməsinə maneə törətməklə daha böyük stabilliyi təmin edir [8]. Sirkonium dioksidinin modifikasiyası üçün istifadə edilən ilk promotor SO_4^{2-} anionu olmuşdur və bu anionla modifikasiya olunmuş sirkonium dioksid əsasında hazırlanmış katalizatorlar hazırda geniş və hərtərəfli tədqiq olunmuş və bir çox sənaye sahələrində uğurla tətbiq olunurlar. Lakin, sulfat anionları ilə modifikasiya olunmuş sirkonium dioksid nümunələri hazırlanma və regenerasiya zamanı yüksək temperaturda közərdildikdə əhəmiyyətli dərəcədə SO_3 desorbsiyası baş verir [1]. Ona görə də alternativ promotorların tədqiqi maraq doğurur. Belə promotorlardan biri fosfat anionudur (PO_4^{3-}). Sulfat anionnları ilə modifikasiya olunmuş sirkonium dioksiddən fərqli olaraq, fosfatlaşdırılmış sirkonium dioksid zəhərli deyil və stabildir. Lakin fosfatlaşmış sirkonium dioksidlə bağlı ədəbiyyat məlumatları çox azdır və cəmi bir neçə işdə fosfatlaşdırılmış sirkonium dioksidin alkanların [7, 9] turşu katalizli reaksiyaları üçün yaxşı aktivlik nümayiş etdirdiyi barədə məlumat verilirmişdir.

Yuxarıda göstərilənlərlə əlaqədar olaraq təqdim olunan işin məqsədi fosfatlaşdırılmış sirkonium dioksid və kobaltla modifikasiya olunmuş MFİ seoliti əsasında kompozisiya tərkibli katalizatorlar sintez etmək və onların n-heksanın izomerləşdirici çevrilməsində aktivliyini, bu aktivliyin fosfat anionlarının, seolitin tərkibinə daxil edilmiş kobaltın miqdarından asılılığını və reaksiya şəraitinin prosesin gedişinə təsirini tədqiq etməkdən ibarətdir.

Təcrübə hissəsi

n-Heksanın izomerləşdirilməsi üçün aparılan tədqiqatın əsas obyektləri kompo-nentləri kobaltla modifikasiya olunmuş HZSM-5 seoliti və fosfatlaşdırılmış sirkonium dioksiddən ibarət kompozisiya tərkibli katalizatorlardır. Sirkonium dioksidin anion modifikasiyasızol-gel texnologiyası əsasında aparılmışdır [10]. Sirkonium hidroksid geli sirkonium sulfatın ammonyakın 25% sulu məhlulu ilə 70-75°C və pH 8-9-da hidrolizi yolu ilə əldə edilmişdir. Fosfatlaşdırılmış sirkonium dioksid almaq üçün hazırlanmış 5 q quru toz halına salınmış sirkonium hidroksid geli 150 ml müəyyən qatılıqlı H_3PO_4 turşusu ilə şüşə süzgəcdə 1 saat emal edilmişdir. Emal edilmiş gel süzülmədən sonra otaq tempe-raturunda elektrik lampasının

işığında qurudulmuş və nəhayət, çini kasada mufel sobasına qoyulmuş, temperaturu 600 ± 10ºC-ə qaldırmaqla bu temperaturda közərdilmişdir (4 saat).

Fosfat anionlarının qatılığı verilmiş miqdarda aniona malik məhlullardan istifadə edilməklə tənzimlənmiş, hazır nümunələrdə onların miqdarı isə element analizi (ICP-MS 7700 Agilent Technologiest) vasitəsi ilə yoxlanmışdı.

Katalizatorlarınmüvafiq seolit komponentləri ilkin NaZSM-5 seolitinin dekationlaşdırılması, alüminiumsuzlaşdırılması, alınmış seolit formalarına (SiO_2/Al_2O_3=23) kobaltın ion-hopdurma yolu ilə daxil edilməsi vasitəsilə sintez edilmişdir [10].

Alınmış H-seolitin modulunun (SiO_2/Al_2O_3) təyini nümunənin yerləşdirildiyi və qələvi (KOH) ilə həll edildiyi Mars-6 qurğusundan istifadə edilməklə həyata keçirilmişdir.

Katalizatorun Co/H-seolit komponentini hazırlayarkən Co metal ionlarının mənbəyi kimi kobalt ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$) duzundan istifadə edilmişdir. Bu məqsədlə seolitin H formasının müəyyən miqdarı maqnit qarışdırıcısı olan çini qaba qoyulmuş və üzərinə lazım olan $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ duzunun müəyyən qatılıqlı məhlulu tökülmüşdür. 3 saat qarışdırdıqdan sonra əmələ gələn suspenziya bir gecə saxlanılmış (18 saat), sonra isə su 80°C-də qarışdırılmaqla buxarlandırılmış, 120°C-də (3 saat) qurudulmuş və 500°C-də közərdilmişdir.

Kompozisiya tərkibli katalitik sistemlərinsintezini həyata keçirmək üçün əvvəlcə Co/H-seolit, PO_4^{3-}/ZrO_2 və müvafiq H-seolitdən ibarət (HZSM-5) nəm çöküntü hazırlanmışdır. Sonra bu nəm çöküntü seolit tozu ilə vizual olaraq eynicinsli olana qədər yaxşıca qarışdırılmışdır. Kompozisiya tərkibli katalizatorların sintezinin bu mərhələsinin həyata keçirilməsi hazır katalizatorda komponentlərin nisbətini sadəcə olaraq onların quru çəkisi baxımından təyin etməklə dəyişməyə imkan verir. Alınmış qarışıq 120°C-də (3 saat) qurudulmuş və temperaturu tədricən yüksəltməklə Co/HZSM-5- PO_4^{3-}/ZrO_2 müvafiq olaraq 600 və 750°C-də quru hava axınında közərdilmişdir. Közərtmədən sonra nümunələr toz halına salınmışdır. Yuxarıda göstərilən üsula uyğun olaraq hazırlanmış tozlar 100 q quru katalizator kütləsinə 25q nisbətində götürülən bağlayıcı komponentdən – alüminium-oksid hidrogelindən istifadə edilməklə formaya salınmışdır. Toz halında olan nümunələr alüminium-oksid hidrogeli ilə tamamilə qarışdırıldıqdan sonra alınan kütlə 1.2-1.5 mm diametrli filerdən sıxıb keçirməklə formaya salınmış, elektrik lampası işığında 24 saat havada qurudulmuş, sonra isə 4.5 mm hündürlüklü silindrlərə xırdalanmışdır. Formaya salınmış nümunələr 80°C və 110°C-də 4 saat qurudulmuş və 350°C (2 saat) və 550°C (4 saat) temperaturda közərdilmişdir. Sintez edilmiş kompozisiya tərkibli katalitik sistemlərin tərkibi cədvəl 1-də verilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, katalitik qurğuda sınaqdan əvvəl bütün istifadə olunan katalizatorlar özlərinin həcmi qədər 1.5-2.5 mm-lik kvars şüşə hissəcikləri ilə qarışdırılaraq seyrəkləşdirilmişdirlər.Ilkin xammal kimi tərkibində 96 kütlə % n-heksan saxlayan kimyəvi təmiz K.T. markalı n-heksandan istifadə olunmuşdur.

Heksanın çevrilməsi 4 sm^3 sabit katalizator təbəqəsinə malik kvars reaktoru ilə təchiz edilmiş axın tipli qurğuda yerinə yetirilmişdir.

Cədvəl 1.

Sintez olunmuş katalizatorların tərkibi*

Katalizator	Tərkib
M-40	0.4%Co/MFİ/10% ZrO_2-PO_4^{3-}(1%)
M-41	0.4%Co/MFİ/10% ZrO_2-PO_4^{3-}(2.5%)

M-27	0.4%Co/MFİ/10% ZrO_2-PO_4^{3-}(5%)
M-34	0.4%Co/MFİ/10% ZrO_2-PO_4^{3-}(8%)
M-42	0.4%Co/MFİ/10% ZrO_2-PO_4^{3-}(10%)
M-43	MFİ /10% ZrO_2- PO_4^{3-} (8%)

*bütün nümunələr 25% Al_2O_3-ə malikdir

Maye reaktora təcrübə temperaturuna qədər qızdırılan buxarlandırıcıdan keçməklə verilir. Təcrübələrdən əvvəl katalizator nümunələri reaktora yerləşdirilərək hava ilə 500^0C-də (2 saat) və hidrogenlə 380^0C-də (500^0C, 600^0C) (2 saat) (qazların xətti axın sürəti 2 l/saat) standart (regenerasiya) qaydada işlənilir. Təcrübələr atmosfer təzyiqində, 140-250°C temperatur intervalında aparılmışdır. Maye 1-4 saat^{-1} həcmi sürətlə və hidrogen : karbohidrogen (H_2/C_6H_{14}) =1-4 mol nisbətində verilir. Analiz üçün reaksiya məhsulları həm birbaşa reaktordan sonra, həm də duz-buz qarışığı ilə soyudulan qəbuledicidən götürülmüşdür.

Reaksiya məhsulları alov-ionlaşma detektoruna malik LXM-80 xromatoqrafinda 10% apizona saxlayan skvalan daşıyıcısı ilə doldurulmuş, daxili diametri 3 mm, uzunluğu 3 m olan kolonkada analiz edilmişdir. Bir sıra hallarda "Auto System XL, Perkin Elmer" xromatoqrafından da istifadə edilmişdir.

Nəticələr və müzakiəsi

İlkin olaraq sintez edilmiş kompozisiya tərkibli katalizatorun PO_4^{3-}/ZrO_2 komponentinin tərkibinə daxil olan fosfat anionlarının miqdarının bu katalizatorların n-heksanın hidrokonversiyasıyasında göstərdiyi aktivliyə təsiri tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri cədvəl 2-də verilmişdir. Nəticələrdən göründüyü kimi fosfat anionlarına malik olmayan $Co/HZSM\text{-}5/ZrO_2$ katalizatoru verilmiş reaksiya şəraitində heç bir aktivlik göstərmir. Katalizatorun tərkibində fosfat anionlarının miqdarı 1% olduqda n-heksanın izo-heksanlara selektiv çevrilməsi baş verir. Fosfat anionlarının miqdarının 2.5 kütlə%-ə qədər artması izoselektivliyin 4% azalması ilə nətigələnir. PO_4^{3-} anionlarının miqdarının 5-8 kütlə%-ə qədər daha da artması kompozisiya tərkibli katalizatorun izomerləşdirici aktivliyinə praktiki olaraq təsir göstərmir. Bununla belə, fosfat anionların miqdarının 1-dən 5 kütlə%-ə qədər artırılması n-heksanın konversiyasının 30-dan 63%-ə qədər kəskin artmasına səbəb olur. PO_4^{3-} anionlarının miqdarının 8 kütlə%-ə qədər daha da artması heksanın konversiyasına və alınan məhsulların tərkibinə əhəmiyyətli təsir göstərmir. Fosfat anionlarının miqdarını 10 kütlə %-ə qədər artırılması heksanın konversiyasının azalmasına gətirib çıxarır və izovelektivliyə əhəmiyyətli təsir göstərmir. Fosfat anionlarının miqdarından asılı olaraq kompozisiya tərkibli katalizatorun aktivliyinin bu cür dəyişməsi fosfat anionlarının təsiri ilə sirkonium dioksidin səthində baş verən dəyişikliklərlə əlaqədardır.

Cədvəl 2.

n-Heksanın çevrilməsi reaksiyasında 0.5%Co-HZSM-5/ZrO_2/PO_4^{3-} katalizatorununun aktivliyinə PO_4^{3-} anionunun miqdarının təsiri. T=200ºC, H_2/CH=2, h.s. =2s^{-1}

PO_4^{3-}; kütlə %	Konversiya, %	Selektivlik,%	
		ΣC_{5-}	İzo-C_5-C_6
0	-	-	-
1	30	-	100
2.5	47	4	96

5	63	5	95
8	63	5	95
10	59	3	97

Belə ki, fosfat anionlarının nisbətən aşağı qatılıqlarında katalizatorun səthində pirofosfat qruplarının ($P_2O_7^{4-}$) monotəbəqəsi əmələ gəlir [1]. Pirofosfat qrupları, sirkonium dioksidin əsaslığını və Lyuis turşuluğunu azaldır. Paralel olaraq, zəif (P atomunun yaxınlığında bidentat sirkonium OH) və orta (pirofosfat qrupları ilə əlaqəli OH) turşu gücünə malik Brensted turşulu mərkəzləri yaranır. Bundan əlavə, fosfat anionlarının qatılığı artdıqca sirkonium dioksidin tetraqonal fazasının miqdarı artır, tetraqonal faza hissəciklərinin ölçüsü kiçilir, səthin 1 nm-nə düşən turşu funksiyasının sıxlığı artır ki, bunlar da katalizatorun aktivliyini müəyyən edən əsas parametrlərdir [1]. Beləliklə, fosfat ionlarının qatılığının 1-8% aralığında katalizatorun aktivliyinin artması bu parametrlərin artması ilə əlaqədar ola bilər.

Əksinə, sirkonium dioksidin tərkibinə daha çox miqdarda fosfat anionu daxil edildikdə səthdə əsasən ortofosfat qrupları toplanır ki, bunlar da daha güclü Brensted turşu mərkəzləri (ortofosfat fazası ilə əlaqəli OH) yaradır. Lakin, Brensted turşu mərkəzlərinin gücü yaxşı balanslaşdırılmış olmalıdır. Həqiqətən də, həddindən artıq turşuluğa malik OH qrupları reaksiya məhsullarını protonlaşdıra bilər ki, bu da koksun əmələ gəlməsi və nəticədə katalizatorun deaktivləşməsinə səbəb olar [11]. Görünür fosfat anionlarının qatılığı 10% olduqda güclü Brensted turşu mərkəzləri yaranır və bu da katalizatorun sürətlə kokuslaşaraq aktivliyinin azalmasına səbəb olur.

PO_4^{3-} anionları ilə modifikasiya olunmamış Co/HZSM-5/ZrO_2 nümunəsinin veril-miş reaksiya şəraitində n-heksanın çevrilməsində aktivlik göstərməməsini və katalizatorun tərkibində fosfat anionlarının moqdarının artması ilə katalizatorun aktivliyində baş verən dəyişikliyi nəzərə alaraq belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, n-heksanın çevrilməsinin ilkin aktivləşməsi nümunənin PO_4^{3-}/ZrO_2 (PZ) komponentinə aiddir. Lakin bu komponent kompozisiya tərkibli katalizatorların SO_4^{2-}/ZrO_2 komponenti kimi [9] Co/HZSM-5 kompo-nenti olmadan öz aktivliyini çox tez bir zamanda itirir. Beləliklə, sintez olunmuş katalitik sistemin komponentləri bu prosesdə bir-biri ilə əlaqəli formada fəaliyyət göstərirlər. Ona görə də katalitik sistemin Co/HZSM-5 komponentinin tərkibindəki Co metalının miqdarının katalizatorun aktivliyinə təsiri araşdırılmış və nəticələr cədvəl 3-də verilmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi katalizatorlara 0.2-2.0 kütlə% kobaltın daxil edilməsi n-heksanın hidrokonversiyasında nümunələrin kəskin aktivləşməsinə səbəb olur. Həm katalizatorun aktivliyi, həm də məhsulların tərkibi dəyişir. Bundan əlavə, katalizatorun tərkibindəki Co ionlarının miqdarı 0.5-1.0 kütlə% intervalında dəyişdikdə katalizatorun aktivliyi 63%-dən 66% -ə qədər, arzuolunmaz C_{5-} məhsullarına görə selektivlik 5% artır, izo-C_5 və izo-C_6 alkanlarına görə selektivlikı isə azalır.

ƏDƏBİYYAT

1. Abdelakrim A., Thomas O., Arnaud T., Guillaume C., Francoise M.Relationship between phosphate structure and acid-base properties of phosphate-modified zirconia-application to alcohol dehydration. Applied Catal A: Gen, 2017, Vol.530, pp. 193-202.
2. Smolikov, M.D.Active surface formation of tungstated zirconia catalysts for n-heptane isomerization / M.D. Smolikov, V.A. Shkurenok, Kiryanov D. I. [et al.] // Catalysis Today, - 2019. Vol. 329, -p. 63-70 .

3. Benjaram M. R., Pavani M. S., Yusuke Y., Tetsuhiko K. Surface characterization and catalytic activity of sulfate-, molybdate- and tungstate-promoted Al_2O_3–ZrO_2 solid acid catalysts. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**.** Vol.227, Is. 1–2, 2005, pp.81-89.
4. Benitez V.M., YariJ.C., Vera C.R.et al.Characterization of transition-metal oxides promoted with oxoanions by means of test reactions.Industrial *and* Engineering Chemistry Research*,* 2015. Vol. 44, №6, -p.1716 – 1721.
5. Shkurenok, V.A. Pt/WO_3/ZrO_2 catalysts for n-Heptane isomerization / V.A. Shkurenok, M.D.Smolikov, S.S.Yablokova [et al.]/ Procedia Engineering, 2015.Vol.113, p.62 – 67.
6. Smolikov, M.D. Use of fluorinated alumina as a support for the sulfated zirconia catalyst of hexane isomerization / M. D.Smolikov, O. V.Dzhikiya L. I. Bikmetova[et al.] //Catalysis in Industry, -2021.Vol.13, -p.367–372.
7. Yori J.C., Pieck C.L. , Parera J.M. Phosphate as promoter of zirconia for alkane isomerization reactions.Catalysis Letters. 1998, Vol.52, pp.227–229.
8. Zarubica A., Randjelovic M., Momcilovica M., Stojkovic N., Vasic M., Radulovic N. The balance between acidity and tetragonal phase fraction in the favorable catalytic act of modified zirconia towards isomerized *n*-hexane(s). Optoelectronics and advanced materials – rapid communications. 2013.Vol. 7, № 1-2, pp. 62 – 69.
8. Mammadova M.T., Abasov S.İ., Isayeva Y.S., Zarbaliyev R.R., Iskanderova A.A., Imanova A.A., Suleymanova T.İ. Low-temperature isomerization of n-hexane over anion-modified zirconium dioxide catalysts.*PPOR,* 2026, Vol. 27, No. 1, pp. 115-127.
9. Mammadova M.T., Abasov S.İ., Isayeva Y.S., Zarbaliyev R.R., Iskanderova A.A., Imanova A.A., Suleymanova T.İ.İsomerization of n-pentane and n-hexane in participation of composite sulfated zirconium dioxide catalysts. PPOR,Vol.26, No.2,2025,pp.478-488
10. Javier M.G., Juan C.Y., Jose M.P. Hydroisomerization-cracing of n-octane on Pt/WO_4^{2-}–ZrO_2 and Pt/SO_4^{2-}–ZrO_2 effect of Pt load on catalyst performance. Catalysis A: General, 2001. Vol.213, p p.247 – 257.

n-HEKSANIN FOSFATLAŞDIRILMIŞ SİRKONİUM DİOKSİD VƏ Co İLƏ MODİFİKASİYA OLUNMUŞ HZSM-5 SEOLİTİNDƏN İBARƏT KOMPOZİSİYA TƏRKİBLİ KATALİZATORLAR ÜZƏRİNDƏ ÇEVRİLMƏSİ

Məmmədova M.T., Abasov S.İ., İsayeva Y.S., İskəndərova A.Ə., Süleymanova T.İ., İmanova A.Ə.

Xülasə

Parafinlərin izomerləşməsi üçün ortofosfat anionu ilə modifikasiya olunmuş sirkonium dioksid və Co ilə modifikasiya olunmuş HZSM-5 seoliti əsasında yeni kompozisiya tərkibli Co/HZSM-5-ZrO_2/PO_4^{3-} katalizatorları sintez olunmuşdur. Katali-zatorun aktivliyinə PO_4^{3-} anionlarının miqdarının (1-10küt.%) təsiri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, PO_4^{3-} anionlarının optimal miqdarı kimi 5küt% götürülə bilər. n-Heksanın hidroizomerləşməsinin effektiv katalizatorunun tərkibi 0.5%Co/HZSM-5-ZrO_2/ 5%PO_4^{3-} kimi müəyyənləşdirilmişdir. Bu katalizator üzətində n-heksanın konversiyası 66%, izo-C_5-C_6 görə selektivlik 90% təşkil etmişdir. Sintez edilmiş kompozisiya tərkibli katalizatorlar üzərində heksanın çevrilməsinin monomolekulyar mexanizmlə getdiyi müəyyən edilmişdir.

CONVERSION OF n-HEXANE OVER COMPOSITE CATALYSTS CONSISTING OF PHOSPHATED ZIRCONIUM DIOXIDE AND Co-MODIFIED HZSM-5 ZEOLITE

Mammadova M.T., Abasov S.I., Isayeva Y.S., Iskanderova A.E., Suleymanova T.I., Imanova A.E.

Summary

For the isomerization of paraffins, new composite Co/HZSM-5-ZrO_2/PO_4^{3-} catalysts were synthesized based on zirconium dioxide modified with orthophosphate anion and HZSM-5 zeolite modified with Co. The effect of the amount of PO_4^{3-} anions (1-10 wt.%) on the activity of the catalyst was studied. It was shown that 5 wt.% can be taken as the optimal amount of PO_4^{3-} anions. The composition of the effective catalyst for the hydroisomerization of n-hexane was determined as 0.5%Co/HZSM-5-ZrO_2/5%PO_4^{3-}. The conversion of n-hexane on this catalyst was 66%, and the selectivity for iso-C_5-C_6 was 90%. It was determined that the conversion of hexane on the synthesized compositional catalysts proceeds by a monomolecular mechanism.

ПРЕВРАЩЕНИЕ Н-ГЕКСАНА НА КОМПОЗИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ФОСФАТИРОВАННОГО ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ И МОДИФИЦИРОВАННОГО Co ЦЕОЛИТА HZSM-5

Мамедова М.Т., Абасов С.И., Исаева Ю.С., Искандерова А.Э., Сулейманова Т.И., Иманова А.Э.

Резюме

Для изомеризации парафинов были синтезированы новые композиционные катализаторы Co/HZSM-5-ZrO_2/PO_4^{3-} на основе диоксида циркония, модифицированного ортофосфатным анионом, и цеолита HZSM-5, модифицированного кобальтом. Изучено влияние количества анионов PO_4^{3-} (1-10 мас.%) на активность катализатора. Показано, что 5 мас.% можно считать оптимальным количеством анионов PO_4^{3-}. Состав эффективного катализатора для гидроизомеризации н-гексана определен как 0.5%Co /HZSM-5-ZrO_2/5%PO_4^{3-}. Конверсия н-гексана на этом катализаторе составила 66%, а селективность по изо-C_5-C_6 90%. Установлено, что конверсия гексана на синтезированных композиционных катализаторах протекает по мономолекулярному механизму.

SEOLİT TƏRKİBLİ KH-30 KATALİZATORU İŞTİRAKINDA *PARA*-KREZOLUN TSİKLOHEKSENKARBON TURŞULARININ METİL EFİRLƏRİ İLƏ TSİKLOALKİLLƏŞMƏ REAKSİYALARI

Hacıyeva G.F., Nağıyeva M.V.
Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
glsm.hcyv97@gmail.com

Açar sözlər: *Para-krezol, tsikloalkilləşmə reaksiyası, KN-30 seolit katalizatoru, tsikloheksen karbon turşusunun metil efiri, metiltsikloheksenkarbon turşusunun metil efiri*

Ключевые слова: *Пара-крезол, реакция циклоалкилирования, цеолит содержащий катализатор КН-30, метиловый эфир циклогексенкарбоновой кислоты, метиловый эфир метилциклогексенкарбоновой кислоты.*

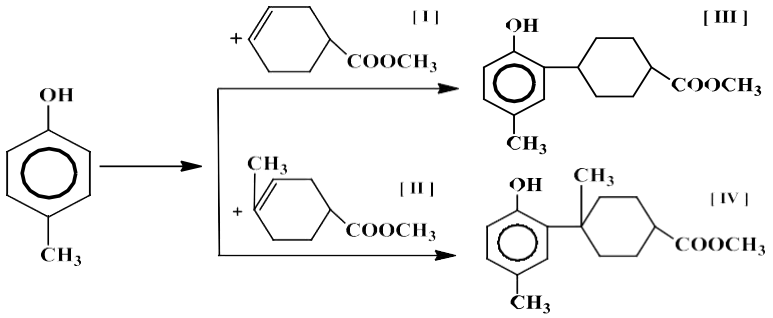
Keywords: *Para-cresol, cycloalkylation reaction, KN-30 zeolite catalyst, methyl ester of cyclohexenecarboxylic acid, methyl ester of methylcyclohexenecarboxylic acid.*

Alkilfenollar polimer materiallara, kauçuklara, rezin qarışıqlarına, yanacaqlara, yağlara və s. əlavə olunan termo-, fotostabilizatorların, antioksidantların, vulkanizatorların, aşqarların, oksigenatların və s. alınmasında ən geniş istifadə olunan yarımməhsullar (xammallar) sayılır [1-3].

Alkilfenollar əsasən fenolların müxtəlif katalizatorlardan istifadə etməklə alifatik və tsiklik karbohidrogenlərlə alkilləşmə reaksiyalarından alınır.

Son illər fenolların alkilləşmə reaksiyalarında seolit tərkibli katalizatorlardan geniş istifadə olunur. Bu onların digər katalizatorlarla müqayisədə texnoloji, iqtisadi və ekoloji baxımdan xeyli üstünlükləri ilə əlaqədardır [4,5].

Təqdim olunan işdə *para*-krezolun seolit tərkibli KH-30 katalizatoru iştirakında tsikloheksen- və metiltsikloheksenkarbon turşularının metil efirləri ilə tsikloalkilləşmə reaksiyalarının tədqiqindən bəhs edilir. *para*-Krezolun tsikloalkilləşmə reaksiyaları aşağıdakı tənlik üzrə gedir:



Tsikloalkilləşmə reaksiyasını həyata keçirmək üçün yeni qovulub təmizlənmiş *para*-krezoldan, izoprenin və divinilin akril turşusunun metil efiri ilə Dils-Alder reaksiyasından alınmış tsikloheksen-[I] və metiltsikloheksen karbon turşularının metil efirlərindən [II] istifadə olun-muşdur. Onların fiziki-kimyəvi xassələri aşağıdakı kimi olmuşdur: [I]: qaynama tempe-raturu- 182-183°C,n_D^{20} - 1.4621; ρ_4^{20}-1.0130,m.k.-140;[II]: qayn. temp.- 197-198°C,n_D^{20}- 1.4626,ρ_4^{20}- 0.9866, m.k.-154.

Proses fasiləli qurğuda aparılmışdır. Məqsədli məhsulların səmərəli çıxımlarını və seçiciliklə əldə olunmasıüçün tsikloalkilləşmə reaksiyalarının istiqamətinə və alınan məhsulların tərkibinə kinetik parametrlərin (temperatur, reaksiya müddəti, ilkin komponentlərin mol nisbətləri, katalizatorun miqdarı) təsiri araşdırılmışdır. Prosesin optimal şəraitini müəyyən etmək məqsədilə tsikloalkilləşmə reaksiyasının temperaturu 80-140°C, reaksiyanın müddəti 2-6 saat, *para*-krezolun efirə mol nisbəti 1:2-dən 2:1-ə qədər və katalizatorun miqdarı (götürülən *p*-krezola görə) 5-15% intervalında tədqiq edilmişdir.

Məqsədli məhsullar: [III] və [IV] alkilatdan qovulub ayrılmış və fiziki- kimyəvi xassələri təyin edilmişdir. [III]- qayn. temp. – 198-202°C/ 5 mm c.st., ər. temp. 91-93°C, m.k.-262; [IV] :qayn. temp. – 207-210°C/ 5 mm c.st., ər. temp. 276°C, m.k.-276.

Nəticədə *para*-krezolun KH-30 katalizatoru iştirakında tsikloheksen- və metiltsikloheksenkarbon turşularının metil efirləri ilə tsikloalkilləşmə reaksiyaları üçün optimal şərait tapılmışdır: reaksiyanın temperaturu 120-125°C; reaksiya müddəti 5-5.5 saat, *para*-krezolun

efirə mol nisbəti 1:1 mol/mol, katalizatorun miqdarı 10-12% (götürülən *para*-krezola görə). Tapılmış bu şəraitdə məqsədli məhsulların – 4(2-hidroksi-5-metilfenil)tsikloheksankarbon- və 4(2-hidroksi-5-metilfenil)-4′-metiltsikloheksankarbon turşularının metil efirlərinin çıxımı götürülən *para*-krezola görə 76.7-78.4% proseslərin seçiciliyi isə 87.1-89.6% (məqsədli məhsula görə) təşkil edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Naghiyeva M. V., Rasulov Ch. K., Aliyeva S. G**.** Synthesis of methyl esters of 4(4-hyd-roxyphenyl)-4-methyl- and (4-hydroxyphenyl)cyclohexanecarboxylic acids and their aminome-thylated derivatives*.OilRefining andPetrochemistry*,2018**,**No.6,pp.38-42*(in Russian)*

2. Gurbanova U.R., Rasulov Ch.K., Naghiyeva M.V., Hajiyeva G.F. Development of a Novel Environmentally Benign Green Catalyst for the Synthesis of Sterically Hindered Cyclo-alkylphenols. In Proceedings of the XI International Russian-Kazakhstan Scientific and Practical Conference “Chemical Technologies of Functional Materials”, Novosibirsk, 2025, pp. 111–112

3. Zhao Z., Shi H., Wan C., Hu M.Y., Liu Y., Mei D., Camaioni D.M., Hu J.Z., Ler-cher J.A. Mechanism of phenol alkylation in zeolite H-BEA using in situ solid-state NMR spectroscopy. Jour of the American ChemSociety, 2017,Vol.139,No.27, pp.9325–9336

4. Corma A., García H. Lewis acids as catalysts in oxidation reactions: from homo-geneous to heterogeneous systems. *ChemReviews*, 2003, Vol. 103, No. 11, pp.4307–4366.

4. Sartori G., Maggi R. *Advances in Friedel–Crafts Acylation Reactions: Catalytic and Green Processes*. Boca Raton: CRC Press, 2010, pp. 75–110.

РЕАКЦИИ ЦИКЛОАЛКИЛИРОВАНИЯ *ПАРА*-КРЕЗОЛА МЕТИЛОВЫМИ ЭФИРАМИ ЦИКЛОГЕКСЕНКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ В ПРИСУТСТВИИ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА КН-30

Гаджиева Г.Ф., Нагиева М.В.

Резюме

В работе исследованы реакции циклоалкилирования*пара*-крезола метиловыми эфирами циклогексен- и метилциклогексенкарбоновых кислот в присутствии цеолитсодержащего катализатора КН-30. Процесс проводился в периодической установке, а влияние кинетических параметров (температуры, времени реакции, молярного соотношения исходных компонентов и количества катализатора) на направление реакции и состав продуктов было изучено. Оптимальные условия составили: температура 120–125°С, продолжительность 5-5.5 ч, молярное соот-ношение *пара*-крезол:эфир=1:1 и количество катализатора 10-12%. При этих усло-виях выход целевых продуктов достигал 76.7-78.4%, а селективность процесса —87.1-89.6%.

CYCLOALKYLATION REACTIONS OF *PARA*-CRESOL WITH METHYL ESTERS OF CYCLOHEXENECARBOXYLIC ACIDS IN THE PRESENCE OF A ZEOLITE-CONTAINING KN-30 CATALYST

Hajiyeva G.F., Naghiyeva M.V.

Summary

The study investigates the cycloalkylation reactions of *para*-cresol with methyl esters of cyclohexene- and methylcyclohexenecarboxylic acids in the presence of the zeolite-containing catalyst KN-30. The reactions were carried out in a batch reactor, and the influence of kinetic parameters (temperature, reaction time, molar ratio of reactants, and catalyst amount) on reaction pathways and product composition was examined. The optimal conditions were found to be a temperature of 120-125°C, reaction time of 5-5.5 h, a *para*-cresol-to-ester molar ratio of 1:1, and a catalyst content of 10–12%. Under these conditions, the yield of target products reached 76.7-78.4%, with process selectivity of 87.1-89.6%.

COMPARATIVE STUDY OF KN-30 AND KN-30M CATALYSTS IN THE ALKYLATION OF PHENOL WITH ISOPRENINE CYCLODIMERS

[1]Gurbanova U.R., [2]Rustam T.R.

[1]Institute of Petrochemical Processes, [2]Azerbaijan State Oil and Industry University

ulviyyagurbanova01@gmail.com

Keywords: *Phenol, diprene, dipentene, isoprene cyclodimers, zeolite catalyst, alkylation, para-alkylphenols.*

Açar sözlər: *Fenol, dipren, dipenten, izoprenin tsiklodimerləri, seolit katalizatoru, alkilləşmə, para-alkilfenollar.*

Ключевые слова: *Фенол, дипрен, дипентен, циклодимеры изопрена, цеолитный катализатор, алкилирование, пара-алкилфенолы.*

Alkylphenols, acquired through alkylation reactions of phenol with olefins, are significant organic compounds with extensive applications across diverse industries. These substances serve as essential raw materials in the synthesis of surfactants, stabilisers, antioxidants, synthetic resins, and other functional materials[1-2].

Alkylation of aromatic compounds has been performed using various homogeneous catalysts for a long time. Nevertheless, the use of homogeneous catalytic systems is associated with several significant disadvantages. One of the main challenges is the difficulty of separating the catalyst from the reaction mixture, which necessitates additional purification stages. This increases the technological complexity of the process and results in the formation of considerable amounts of wastewater, as well as corrosion problems in the equipment. Furthermore, the limited possibility of catalyst recovery and reuse in homogeneous systems reduces the overall economic efficiency of the process[3-5].

For this reason, the application of heterogeneous catalysts in alkylation reactions of aromatic compounds has attracted more attention in recent years. Such catalysts are distinguished by their high thermal stability, easy separation from the reaction medium, and reusability. In particular, $\text{zeolite} - \text{based catalysts}$ exhibit high catalytic activity and selectivity due to their porous structure and the presence of acid centres.

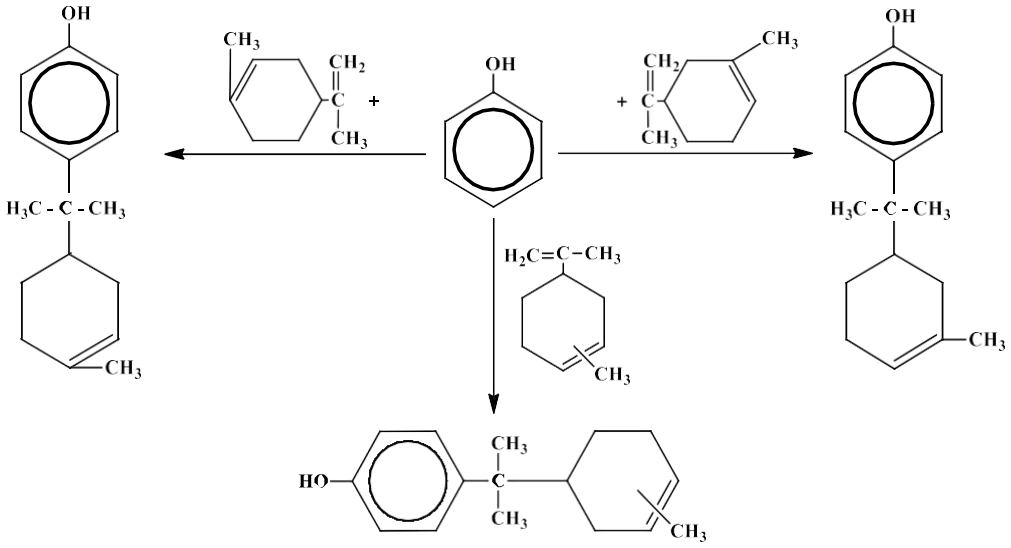
Based on these considerations, in the presented work, the alkylation reactions of phenol with isoprene cyclodimers (diprene, dipentene and their mixtures) in the presence of $\text{KN} - 30$ (TC 2177-011-07622236-2008) and its modified form - $\text{KN} - 30\text{M}$ catalyst were investigated.

The alkylation reactions were carried out in a laboratory pilot plant operating in continuous mode. The reaction equations are given below.

During the research, the effects of key kinetic parameters—reaction temperature, molar ratio of reagents, and volumetric flow rate—on the yield of target products and the selectivity of the process were examined, and optimal reaction conditions were established. The reaction was studied at temperatures ranging from 80 to 160°C, with the phenol-to-cyclenes molar ratio varied from 2:1 to 1:2. At the same time, the volumetric flow rate was adjusted within the interval of 0.2–1.0 h^{-1}. Under these conditions, the changes in product yield and selectivity were evaluated. The experimental results obtained in the presence of the **KN − 30** catalyst demonstrated that the most favourable conditions are achieved at a temperature of 130–140°C, a phenol-to-cyclenes (DP, DPT, or their mixture) molar ratio of 1:1, and a volumetric flow rate of 0.5 h^{-1}. Under these conditions, the maximum yield of *para*-cycloalkylphenols reaches 65.3–71.9%, with a high selectivity of 87.2–92.3%.

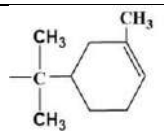
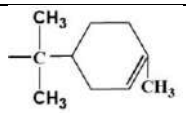
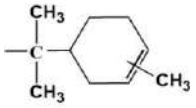
In the second series of experiments, the **KN − 30M** catalyst was used. The modification of the **KN − 30** catalyst was carried out by treatment with a 10% HCl solution. For this purpose, the catalyst was kept in the acid solution for a specified period and then washed with distilled water until a neutral medium was achieved. After washing, the sample was dried at 100–120°C and subsequently calcined at 400–500°C to obtain the active form of the catalyst. When the KN-30M catalyst was applied, the yield of*para*-cycloalkylphenols reached 67.2–72.6%, with a high selectivity of 89.5–93.4%

As can be seen from the table, both catalysts exhibit high activity in the alkylation reaction of phenol with **isoprene cyclodimers**. However, the **KN − 30M** catalyst modified with 10% HCl solution increased the yield and selectivity of **alkylphenols** in the reaction compared to the original **KN − 30** catalyst



.

Alkyl phenols	KN-30 Yield, %	KN-30 Selectivity, %	KN-30M Yield, %	KN-30M Selectivity, %

	71.9	92.3	72.6	93.4
	65.3	87.2	67.2	89.5
	68.5	90.3	69.8	91.2

Comparative table of KN-30 and KN-30M catalysts

REFERENCES

1. Rasulov Ch.K., Rustamov S.T., Naghiyeva M.V., Gasanova G.J., Heydarli G.Z. Alkylation of phenol and its homologs by cyclic olefins. *Processes of petrochemistry and oil refining*,2025, Vol. 26, No.1, pp. 264-277
2. Haydarli G.Z., Hasanov A.A., Qurbanli U.R., Naghiyeva M.V., Rasulov Ch. K. Synthe-sis and Properties of 2-Hydroxy-3-[3(4)-Methylcyclohexen-3-yl-Isopropyl]-5-Arylal-kyl-aceto- phenones. Russian Journal of General Chem, 2023, Vol. 93, No.3, pp.754–759
3. Shuikin, N. I.; Viktorova, E. A. Catalytic synthesis of alkylphenols. *Russian Chemical Reviews*, 1960, Vol. 29, No.10, pp. 560–576
4. Jin H., Ansari M. B., Park S.E. Chemoselective O- versus C-alkylation of substituted phenols with cyclohexene over mesoporous ZSM-5. *Applied Catalysis A: General*, 2014, Vol. 472, pp. 184–190
5. Luo M., Li H., Song H.et al. Influence of preparation method on HZSM-5 supported cerium catalyst for alkylation of phenol with methanol. *Catal. Letters,*2023,Vol.153, pp. 1170-1179.

FENOLUN İZOPRENİN TSİKLODİMERLƏRİ İLƏ ALKİLLƏŞMƏSİ PROSESİNDƏ KH-30 VƏ KH-30M KATALİZATORLARININ MÜQAYİSƏLİ TƏDQİQİ

Qurbanova Ü.R., Rüstəm T.R.

Xülasə

Fenolun izoprenin tsiklodimerləri (dipren, dipenten və onların qarışığı) ilə alkilləşmə reaksiyaları fasiləsiz rejimdə işləyən laboratoriya qurğusunda KN − 30 və onun modifikasiya olunmuş forması KN − 30M seolit katalizatorları iştirakı ilə tədqiq edilmişdir. Prosesin optimal şəraitinin müəyyən edilməsi məqsədilə temperaturun (80-160°C), reagentlərin mol nisbətinin (2:1-1:2) və həcmi sürətin (0.2-1.0 h^{-1}) məqsədli məhsulun çıxımına və seçiciliyinə təsiri öyrənilmişdir.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ КН-30 И КН-30М В ПРОЦЕССЕ АЛКИЛИРОВАНИЯ ФЕНОЛА ЦИКЛОДИМЕРАМИ ИЗОПРЕНА

Гурбанова У.Р., Рустам Т.Р.

Резюме

Реакции алкилирования фенола циклодимерами изопрена (дипреном, дипентеном и их смесью) исследованы на лабораторной установке непрерывного действия в присутствии цеолитных катализаторов КН – 30 и его модифицированной формы КН – 30М. С целью определения оптимальных условий процесса изучено влияние температуры (80–160°С), молярного соотношения реагентов (2:1-1:2) и объемной скорости (0.2-1.0 $ч^{-1}$) на выход целевого продукта и селективность процесса.

PERXLORAT TURŞU KATALİZATORUNUN İŞTİRAKI İLƏ BENZOY TURŞUSUNUN ALLİL EFİRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏDQİQİ

Ələsgərova O.M., Kərimov P.M., Əliyeva S.Q., Həsənli N.S.

Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

ayten babayeva@yahoo.com

Açar sözlər: *Benzoy turşusu, perxlorat turşusu, allil spirti, katalizator, mürəkkəb efir, antioksidant, dizel yanacağı.*

Ключевые слова: *Бензойная кислота, хлорная кислота, аллиловый спирт, катализатор, сложный эфир, антиоксидант, дизельное топливо.*

Key words: *Benzoic acid, perchloric acid, allyl alcohol,catalyst, ester, antioxidant, diesel fuel.*

Son illər ətraf mühitin mühafizəsi ilə əlaqədar motor yanacaqlarının, xüsusilə də, dizel yanacaqlarının bəzi keyfiyyət göstəricilərinə sərt tələblər qoyulmuşdur. Avtomobil parklarında dizel mühərrikli nəqliyyatın artması bu yanacaqların miqdarına olan tələbatı da artırmışdır. Elə buna görə də ikinci emal məhsullarından – katalitik krekinq və kokslaşma proseslərinin yüngül qazoyl fraksiyalarından istifadə etməklə dizel yanacağının xammal ehtiyatı artırılır.Bu zaman həmin xammal qarışıqlarında ümumi kükürdün və aromatik karbohidrogenlərin miqdarı çox artmış olur.

Dünya və Avropa standartlarının tələblərinə (Evro-5) uyğun olaraq, dizel yanacaqlarında ümumi kükürdün miqdarı 10 ppm-dən çox olmamalıdır. Bu tələbatı ödəmək üçün həmin xammal qarışıqlarına hidrotəmizləmə və dərin hidrogenləşdirmə prosesləri tətbiq olunmalıdır. Hidrogenlə təmizlənmiş və dərin hidrogenləşdirilmiş yanacaqlar təbii ingibitorlardan təmizləndiyinə görə onlara qurğudan çıxan kimi antioksidantlar əlavə etmək lazım gəlir.

Hidrotəmizlənmə prosesi vasitəsilə dizel yanacağının tərkibində olan kükürd və aromatik karbohidrogenlərin miqdarını texnoloji yolla azaltmaq mümkündürsə, onun digər keyfiyyət xassələrini: setanədədi, yağlama qabiliyyəti, oksidləşmə stabilliyi, aşağı tempe-ratur xassələrini isə müxtəlif funksiyalı aşqarların əlavəsilə yaxşılaşdırmaq mümkündür.

Hal-hazırda yüksək keyfiyyətli dizel yanacağının istehsalını müxtəlif funksiyalı aşqarlarsız təsəvvür etmək mümkün deyildir.

Təqdim edilən iş perxlorat turşu katalizatorunun iştirakı ilə benzoy turşusu və allil spirti əsasında benzoy turşusunun allil efirinin sintezinə həsr edilmiş və dizel yanacağında termo-oksidləşmə stabilliyini yaxşılaşdıran antioksidant aşqar kimi sınaqdan keçirilmişdir [1-3]. Sintez aşağıdakı reaksiya üzrə aparılmışdır:

$$C_6H_5\text{-}COOH + CH_2{=}CH\text{-}CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{HClO_4} C_6H_5\text{-}COOCH_2\text{-}CH{=}CH_2$$

Üçboğazlı reaksiya kolbasına 36,6 q (0,32 mol) benzoy turşusu, 19,0 qr (0,32 mol) allil spirti, katalizator kimi 70%-li perxlorat turşusundan 5küt.% (turşuya görə hesab-lanmış) və 100 ml distillə olunmuş toluol yerləşdirilərək reaksiya 80-90°C temperaturda, 2 saat müddətində qarışdırılaraq aparılır. Bu müddət ərzində suayrıcısı Din-Stark aparatında 6,0qrama yaxın reaksiya suyu ayrılır. Efirləşmə reaksiyasının sonluğu ayrılan reaksiya suyunun miqdarı, turşu ədədinin stabilliyi ilə təyin edilir. Reaksiya qarışığı soyudularaq ayrıcı qıfda neytrallaşdırılr və yuyulur. Su nasosunun köməkliyi ilə həlledici toluol distillə edildikdən sonra, xam efir qurudulur və filtrdən keçirilərək analiz edilir. Sintez edilmiş efirin çıxımı 85,0 %-dir. Efirin fiziki-kimyəvi göstəriciləri təyin edilmiş və quruluşu almaniyanın "Bruker" firmasının "ALPHA" İQ-Furye spektrometrində iden-tifikasiya olunmuşdur. Xüsusi çəkisi $-\rho_4^{20}$–104,3 kq/m^3, n_D^{20}–1,5196-dir. Sintez edilmiş efir spesifik iyə malik olub, suda həll olmayan benzol və toluolda yaxşı həll olan maddədir.

Sintez edilmiş efir hidrotəmizlənmiş dizel yanacağının termooksidləşmə stabilliyini yaxşılaşdıran aşqar kimi ЛСАРТ aparatında 120ºC-də 4 saat müddətində yoxlanılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, sintez edilmiş efir 0,004 % miqdarında, hidrotəmizlənmiş DY-na əlavə olunduqda çöküntünün miqdarı 100 ml yanacaqda 2,6 mq-dan 2,4 mq-a qədər azalmışdır.Beləliklə, perxlorat turşu katalizatorunun iştirakı ilə benzoy turşusunun allil efiri sintez olunmuş və onu hidrotəmizlənmiş D/Y-ya əlavə etdikdə, termooksidləşmə stabillik xassəsini yaxşılaşdıran antioksidant aşqar kimi tövsiyə etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. P.M. Kərimov, O.M. Ələsgərova, G.Q. Nəsibova, S.Q. Əliyeva, E.M. Quliyeva, X.V. Hacızadə Perxlorat turşu katalizatorunun iştirakı ilə dietilenqlikolun-bis-dibenzoat, dietil-enqlikolun-bis-p-dixlorbenzoat efirinin sintezi və tədqiqi//Azərbaycan Neft Təsər-rüfatı, №1, yanvar 2026, səh. 51-56

2. Kərimov P.M., Ələsgərova O.M., Quliyeva E.M., A.P. Musayeva-Qələndərli Per-xlorat turşu katalizatorunun iştirakı ilə dietilenqlikolun-bis-p-dixlorbenzoat efirinin sintezi və tədqiqi /Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 102-ci ildönümünə həsr olunmuş "Təbiət və sosial elmlər sahəsində qlobal çağırışlar" mövzusunda beynəlxalq elmi konfrans, 23-24may 2025, səh. 193-194.

3. Капустин В.М. Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками, Москва, "КолосС", 2002, 230 С.

PERXLORAT TURŞU KATALİZATORUNUN İŞTİRAKI İLƏ BENZOY TURŞUSUNUN ALLİL EFİRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏDQİQİ

Ələsgərova O.M., Kərimov P.M., Əliyeva S.Q., Həsənli N.S.

Xülasə

Perxlorat turşu katalizatorunun iştirakı iləbenzoy turşusu və allil spirti əsasında 80-90°C temperaturda, 2 saat müddətində, 85,0 % çıxımla benzoy turşusunun allil efiri sintez

edilmişdir. Sintez edilmiş efirin fiziki-kimyəvi göstəriciləri təyin olunmuş və hidrotəmiz lənmiş dizel yanacağında antioksidant aşqar kimi sınaqdan keçirilmişdir.

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЛИЛОВОГОЭФИРА БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРА - ХЛОРНОЙ КИСЛОТЫ

Алескерова О.М., Керимов П.М., Алиева С.К., Гасанлы Н.С.

Резюме

Аллиловый эфир бензойной кислоты был синтезирован из бензойной кислоты и аллилового спирта в присутствии катализатора —хлорной кислоты, при темпе-ратуре 80-90°С в течение 2 часов с выходом 85,0%. Определены физико-химические свойства синтезированного эфира и проведены его испытания в качестве антиокси-дантной присадки к гидроочищенному дизельному топливу.

SYNTHESIS AND STUDY OF ALLYL ESTER OF BENZOIC ACID WITH THE PARTICIPATION OF PERCHLORIC ACID CATALYST

Alesgerova O.M., Kerimov P.M., Aliyeva S.G., Hasanli N.S.

Abstract

Allyl ester of benzoic acid was synthesized from benzoic acid and allyl alcohol in the presence of a catalyst, perchloric acid, at a temperature of 80-90°C for 2 hours with a yield of 85,0%.The physicochemical properties of the synthesized ester were determined and it was tested as an antioxidant additive to hydrotreated diesel fuel.

ALÜMİNİUM ƏSASLI KATALİTİK KOMPLEKSİN İŞTİRAKI İLƏ DESEN-1 -İN POLİMERLƏŞMƏSİNDƏN ALINAN POLİALFAOLEFİNLƏRİN SPEKTROSKOPİK ÜSULLARLA TƏDQİQİ

Axundova K.M., Yunusov S.H., İbrahimova M.C., Zamanova L.S., Ibrahimova Z.M., Ələsgərova S.M.

Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

lala.zamanova91@gmail.com

Açar sözlər: *Desen-1, polialfaolefin, polimerləşmə, İQ pektroskopiyası, ^{1}H NMR spektroskopiyası.*

Keywords: *Decene-1, polyalfaolefin, polymerization, IR spectroscopy, ^{1}H NMR spectroscopy.*

Alüminium və butilxlorid (BtX)əsasında sintez edilmiş kompleks katalitik sistemin iştirakında desen-1-in Al:BtX:Desen-1=0.1÷3:5÷17:38÷222 kütlə nisbətlərində, 80-100^{0}C temperatur intervalında, 4-8 saat reaksiya müddətində “in situ” rejimindəpolimerləşmə prosesi aparılmış və alınmış polialfaolefinlərin fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Aparılan analizlərin nəticələri göstərir ki, Al:BtX:Desen-1 kütlə nisbətini və digər reaksiya şəraitini dəyişməklə müxtəlif xassələrə malik polialfaolefin yağ fraksiyaları sintez etmək mümkündür. Müəyyən edilmişdir ki, qeyd edilmiş şəraitlərdə və kütlə nisbətlərində alınmış, qaynama temperaturu $T_{qay.}$ ≥350°C olan polialfaolefin yağ fraksiyaları mənfi 45°C÷mənfi 60°C donma temperaturu,0.8130÷0.8325 q/sm^{3} sıxlıq, 148°C÷235°C alışma temperaturu, 0.22÷1.63 Yq/100q yod ədədi, 107-149 özlülük indeksi, 340÷630molekul kütləsi ilə xarakterizə olunur. Verilmiş xassələr kompleksi iləxarakterizə olunan polialfaolefinlərin

qaynama temperaturu $T_{qay.}$ ≥350°C olan yağ fraksiyalarının kimyəvi tərkibi və quruluşu İQ və ^{1}HNMR spektroskopik analiz üsulları ilə araşdırılmışdır.Polialfaolefinyağ fraksiyalarınınİQ spektrləri 400-4000sm^{-1} dalğa uzunluğu diapazonunda Furye (BRUKER, Almaniya) spektrometrində çəkilmiş və müəyyən edilmişdir ki, nümunələrin spektrlərində C=C rabitəsini xarakterizə edən udulma zolaqlarının intensivliyi (1641.38 sm^{-1}, 908.32 sm^{-1}, 991.12 sm^{-1}) desen-1-in İQ spektri ilə müqayisədə kəskin azalır və yaxud tamamilə itir.Bununla yanaşıpolialfaolefin yağ fraksiyalarının İQ spektrlərində doymuş karbohidrogen zəncirinin CH_3- və CH_2- qruplarına məxsus C-H əlaqələrinin valent (2955.04 sm^{-1}; 2921.08 sm^{-1}; 2852.42 sm^{-1}) və deformasiya (722.25 sm^{-1}; 1377.10 sm^{-1}; 1460.49 sm^{-1}) rəqslərinə müvafiq udulma zolaqlarının intensivliyinin yüksəlməsi müşahidə edilmişdir. Al:BtX:Desen-1 = 1:18÷53:445÷1500 kütlə nisbətlərində alınan polialfaolefinlərin İQ spektrində 1642.60 sm^{-1}-1644.23 sm^{-1} spektral sahədə müşahidə edilən ikiqat rabitənin udulma zolağı bu nümunələrdə alfa-vəziyyətdə CH_2=CH- fraqmentlərinin olmasına dəlalət edir. Lakin Al:BtX:Desen-1=1:5÷9:150÷222kütlə nisbətində alınmış polialfaolefin yağ fraksiyalarının İQ spektrlərdə ikiqat rabitəyə müvafiq piklər müşahidə edilmir. Al:BtX:Desen-1 kütlə nisbətindən asılı olmayaraq, alınan polialfaolefin yağ fraksiyalarının spektrlərində 886.90 sm^{-1}÷888.61 sm^{-1} və 965.35 sm^{-1}÷967.46 sm^{-1} spektral sahədə naften həlqələrini əks etdirən udulma zolaqları aşkar edilmişdir. İQ spektrlərdə 1650 sm^{-1}-1675 sm^{-1}spektral sahədə əvəz olunmuş ikiqat rabitənin udulma zolaqlarının aşkar edilməməsinə əsasən demək olar ki, polialfaolefin yağ fraksiyalarının tərkibində R_2C=CH_2, RHC=CR_2, trans-RHC=CHR və sis-RHC=CHR quruluşlu oliqomer zəncirləri mövcud deyil [1,2].İQ spektroskopiya üsulu ilə əldə edilən nəticələr ^{1}HNMR spektroskopik üsulla nümunələrin analizi zamanı öz təsdiqini tapır. Belə ki, Al:BtX:Desen-1=1:9:222 kütlə nisbətində sintez edilmiş polialfaolefin yağ fraksiyasının^{1}H NMR (BRUKER-Fourier 300.18 MHs, C_6D_6, δ, m.h.) spektrində 0.65-1.04 m.h.-də CH_3 (20.95%) qrupuna, 1.04-1.51 m.h. CH_2 qrupuna (71.43%), 1.51-1.90 m.h. naften həlqələrinə (2.86%), 1.90-2.70 m.h. ikiqat rabitəyə nəzərən α vəziyyətdə yerləşmiş CH_2, CH qruplarına (3.96%), 4.70-5.90 m.h. isə ikiqat rabitəli karbonlardakı hidrogen atomlarına (0.8%) məxsus rezonans siqnallar qeydə alınmışdır[3,4].Spektral analizlərə əsasən belə nəticə çıxarmaq olar ki, desen-1-in polimerləşmə reaksiyasının son mərhələsində karbon zəncirlərinin uclarında yaranan ikiqat rabitələrin bir qismi tsiklləşərək naften quruluşlu fraqmentlər əmələ gətirir və bunun hesabına ümumilikdə polimer məhsulunun doymamışlığı xeyli azalmış olur.Polialfaolefin yağ fraksiyalarının tərkibində doymamışlığın az olması, onun yüksək temperaturlarda parçalanmaya və oksidləşməyə qarşı davamlılığının əsas göstəricisidir. Beləliklə, alüminium və BtX iştirakında alınan kompleks katalitik sistemin iştirakı ilə desen-1-in müxtəlif şəraitlərdə polimerləşməsi nəticəsində hidrogenləşmə prosesi aparılmasına ehtiyac olmadan yüksək göstəricilərə malik polialfaolefin yağ fraksiyalarının alınmasının mümkünlüyü təcrübi olaraq göstərilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Akhundova K.M., Yunusov S.H., İbrahimovaM.J., Zamanova L.S. Hasanova F.M. Investigation of the in situ oligomerization process of decene-1 in the presence of a catalytic system based on aluminum and n-butylchloride. Processes of Petrochemistry and Oil Refining PPOR, 2025, Vol. 26, No.2, pp.399-407.

1. Ibragimov H.D., AlizadehSh.A., Ibragimova Z.M., Akhundova K.M. Catalytic complex based on aluminium, 1,2-dichloroethane and chromium chloride in the process of oligomerisation of hexene-1. Oil and Gas Technology, Scientific and Technological Journal, 2022, No.3(140), pp.11-14.
2. Azizov A.H., Aliyeva R.V., Seidova K.H., Karayeva E.M., Nazarov İ.G., Abdullayeva Oligomerization and alkylation decene-1 in the presensechloroaluminate ionic liquids
3. . American Journal of Chemistry and Application 2015; 2(3): 21-26.
4. E.Breitmaier, G.Bauer. 13C NMR Spectroscopy: A Working Manual with Exercises, CRC Press, 1984, 356 p.

SPECTROSCOPIC INVESTIGATION OF POLYALPHAOLEFINS OBTAINED FROM THE POLYMERIZATION OF DECENE-1 IN THE PRESENCE OF AN ALUMINUM-BASED CATALYTIC COMPLEX

Akhundova K.M., Yunusov S.H.,İbrahimova M.C., Zamanova L.S., Ahmadbayova S.F., Mammadov A.M.

Summary

The "*in situ"* polymerization of decene-1 in the presence of aluminum and butyl chloride was carried out at mass ratios of Al:BtCl:decene-1 = 0.1–3:5–17:38–222, within a temperature range of 80–100°C and for a duration of 4–8 hours. Under the specified conditions and mass ratios, the obtained PAO oil fractions, with boiling points ≥350°C, were characterized by freezing points in the range of –45°C to –60°C, densities of 0.8130–0.8325 g/cm³, flash points between 148°C and 235°C, iodine numbers of 0.22–1.63 g I_2/100 g, viscosity indices of 107–149, and molecular weights of 340–630 g/mol. IR and ^{1}H NMR spectroscopic analyses revealed characteristic peaks corresponding to saturated hydrocarbon chain CH_3 and CH_2 groups, minor amounts of α-position CH_2=CH– double bonds, and the presence of naphthenic rings in the PAO oil fractions.

METANOLUN ÇEVRİLMƏ PROSESİNİN KİNETİK QANUNAUYĞUNLUQLARI

[1]Əfəndi A., [2]Məhərrəmova L., [1]Qarayeva-Kərimli P., [1]Mayilli P., [3]Əfəndi Ü.
[1]ARETN Kimya İnstitutu, [2]Bakı Dövlət Universiteti,
[1]ARETN Molekulyar Biologiya İnstitutu
iradam@rambler.ru

Açar sözlər: *Metanol, katalizator, oksidləşdirici-dehidrogenləşmə reaksiyası, formaldehid.*

Keywords: *Methanol, catalyst, oxidative-dehydrogenationreaction, formaldehyde.*

Ölkəmizin böyük karbohidrogen ehtiyatlarına malik olması onlar əsasında geniş tətbiq olunan vacib üzvi birləşmələrin alınmasını aktualedir. Son dövrlər, xüsusəndə yeni neft-qaz yataqlarının kəşfi və istismara verilməsi bu xammal bazası əsasında bir çox istehsal sahələrinin yaradılmasına səbəb olmuşdur. Bubaxımdan respublikamızda böyük istehsal gücünə malik "Metanol"zavodunun istifadəyə verilməsi təqdirə layiqdir.

Eyni zamanda dünyada tərkibindəoksigensaxlayan üzvi birləşmələrinsintezi və onlar əsasında yeni istehsal sahələrinin yaradılması daim artır. Müasir dünyada yana-caqların istehsalının artırılmasından daha çox onların keyfiyyət göstəricilərinin yax-şılaşdırılması imkanına malik qatqıvəəlavələrin alınması vacibhesabedilir.Bir sıra karbo-hidrogenləri, üzvi maddələri oksidləşdirərək spirt, aldehid, keton, turşulara çevrilməsi və onlar əsasında neft kimyası, üzvi sintez, dərman preparatlarının, polimerlərin, onlara əla vəərin,birçoxmühüm üzvi birləşmələrin alınması proseslərinin geniş və hər tərəfli tədqiqi aktual problem hesab edilir. Bu maddələrin qismən qeyri neft xammal mənbələrindən–biokütlədən alınması həm ekoloji, həmdə iqtisadi baxımdan aktualdır.

Katalitik reaksiyaların kinetik qanunauyğunluqlarını tədqiq etmək üçün katali-zatorların stabil işləmə müddətinin olması vacib məsələlərdəndir. Katalitik reaksiyaların gedişində reaksiya mühitinin və qarışığının, ilkin komponentlərin dəyişməsi kataliza-torlarun aktivliyinə öz təsirinidə göstərir.

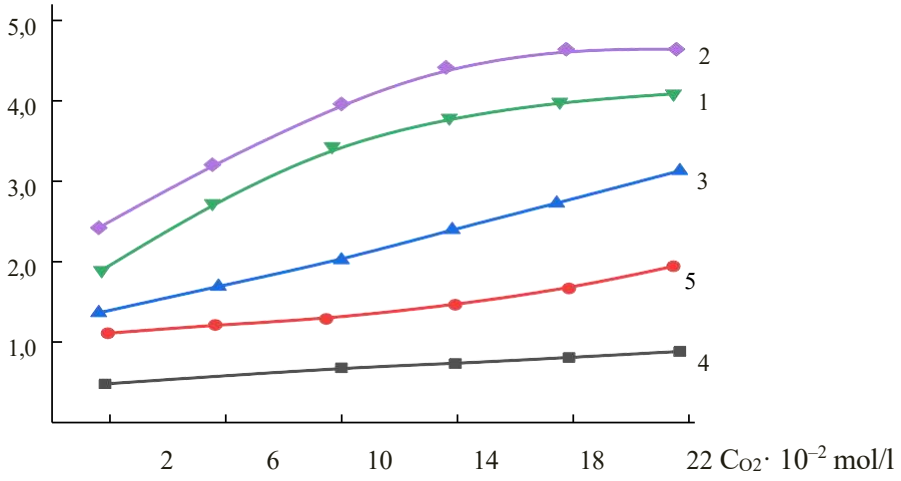
Reaksiya mühitnin katalizatorların aktivliklərinin dəyişməsinə və reaksiyanın kinetikasına bilavasitə reaksiyanın gedişi zamanı təsirinin müəyyənləşdirilməsi hal-hazırda çox çətin müəyyən ediləbilən problemlərdəndir. Bu məsələlər əsasən qeyri-stasionar rejimdəişləyən sistemlərin kinetik modellərinin müəyyən olunması iləhəll oluna bilər. Bunun üçün isə yeni tərkiblimetodlarınişlənib hazırlanmasına ehtiyac duyulur.

Metanolun oksidləşdirici dehidrogenləşmə reaksiyasının kinetikasına təsir edə biləcəkamillərinreaksiyayadaxil olan ilkin komponentləroksigen vəmetanolun, eləcədə alınan reaksiyaməhsullarınınqatılıqlarınaraşdırılması, eyni zamanda önəmli texnoloji para-metrlərdən hesab olunan həcmi sürətin müəyyən edilməsi vacib məsələlərdəndir. Bu baxımdan metanolun oksidləşdirici dehidrogenləşmə reaksiyasına verilən havanın tərkibindəoksigeninqatılığının 2– 22 mol/l intervalında dəyişməsinin (bu qatılığıalmaq üçün O_2 və N_2 qaz balonlarından istifadə olunmuşdur) alınan oksidləşmə məhsullarının sürətlərinin paylanmasına təsirimüəyyənedilmişdir. Alınmış nəticələrşəkil 1-də verilmişdir.

Nəticələrdən göründüyü kimi oksigenin qatılığının 10–14 mol/l qatılığına kimi metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləşməsinin əsas məhsulları hesab olunan formaldehid (şəkil 1, əyri 2) və DMM-nin (şəkil 1, əyri 1) alınan sürətləri 2 dəfə artaraq, sonra artma sürəti nisbətən stabilləşir. Metanolun digər çevrilmə məhsulu olan DME-nin alınma sürəti oksigenin qatılığından asılı olaraq demək olar ki, dəyişmir, başqa sözlə oksigenin qatılığının dəyişməsi DME-nin alınmasına təsir etmir.

Bu nəticə göstərir ki, DME formaldehid və DMM-in biri digərindən fərqlənən başqa-başqa aktiv mərkəzlərdə alınırlar ki, bu da metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləş-mə reaksiyasının mexanizmini aydınlaşdıran zaman vacib amillərdən hesab oluna bilər.

Oksigenin qatılığının dəyişməsinin metanolun oksidləşdirici-dehidrogen-ləşmə reak-siyasına belə təsir etməsini ədəbiyyat materiallarında bir sıra oksid katali-zatorların səthində oksigenin diffuziyasının analizinin nəticələri ilə müqayisədə aydın olduğunu görə bilərik. Aşağıdakı cədvəldə oksidləşmə proseslərində geniş tətbiq olunan oksid katalizatorların çox yüksək temperaturlarda oksigenin diffuziya əmsalı və aktivləşmə enerjisinin qiymətləri cədvəl 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. Metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləşmə prosesində alınan məhsulların sürətlərinin oksigen qatılığından asılı dəyişməsi. 1–FA, 2–DMM, 3–DME, 4–MF, 5–CO_2

Cədvəl 1.

Bir sıra oksid katalizator sistemində oksigenin diffuziyası.

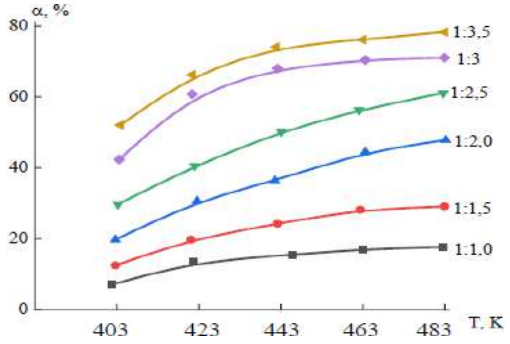
Katalizator	T,K	Diffuziyaəmsalı, sm^2/c	Aktivlik enerjisi, Kc/mol
V_2O_5	773	10–8	147
TiO_2	1273	10–14	165
ZrO_2	1323	10–5	213
ZnO_2	1273	10–8	200
CoO_4	1173	10–9	175
MxV_2O_5	973	10–6	200

Qeyd olunan nəticələrin analizindən görünür ki, stexiometrik ZnO-in oksigen atomlarının sayı 3 dəfə şox olarsa ZnO_2 ilə müqayisə etdikdə onun diffuziya əmsalının 3 dəfə çox olmasını müşahidə etmək mümkündür ki, bu da oksiddə anion vakansiyaları alınmasının nəticəsində olur.

Sirkonium tetroqanal monokristalında oksigenin diffuziyası izotop əvəzetmə üsulu ilə tədqiq edilərək [1] göstərilmişdir ki, oksigenin diffuziya əmsalı ilə vakansiyaların qatılıqları arasında asılılıq vardır ki, bu da kationların qarışığından təyin olunur. Bu zaman anion vakansiyaları üçün diffuziya əmsalını tapmaq mümkün olmuşdur. Vanadium metal bronzunun quruluşunda isə laylar arasında boşluqların olması oksigenin qəfəs üzrə diffuziya başlanğıcının temperaturunu aşağı salır və diffuziya əmsalının yüksəlməsinə gətirib çıxarır [2]. Diffuziya əmsalının aşağı düşməsini bəzi müəlliflər katalizatorun quruluşunda faza dəyişikliklərinin baş verməsi ilə, digərlərinin isə vakansiya boyu hərəkətlə izah edirlər. Bəzi katalizatorlarda MoO_3 və s. oksigenin qəfəs boyunca diffuziyası quruluşun kristalloqrafik yerdəyişməsi ilə asanlaşır.

Kristalloqrafik yerdəyişmənin enerjisi az olduqda MoO3-in bu mexanizm üzrə $MonO_{3n-x}$ (x–1,2,3- n) tərkibli oksidlər əmələ gələ bilər. MoxW1-xO3 kristalloqrafik quruluşunun yerdəyişməsi zamanı oksigenin diffuziyasının sürətlənməsi və qəfəsin reduksiya olması da müşahidə edilmişdir.

Tədqiqatçıları eyni zamanda katalizatorun aktiv mərkəzlərinin təbiəti, miqdarı, səthdə yerləşməsi və onları səth və həmçinin də ki, ionlarla qarşılıqlı təsiri məsələlərinin araşdırılması düşündürürdü. Alınmış bu nəticələr əsasında metanol:O2 nisbətinin müxtəlif temperaturlarda dəyişməsinin təsiri də müəyyən edilmişdir (şəkil 2). Göründüyü temperaturun 403–483 K-ə qədər dəyişməsi zamanı $CH_3OH:O_2$ nisbətinin metanolun konversiyasının artması istiqamətində artmasına gətirib çıxardığı müşahidə olunur.

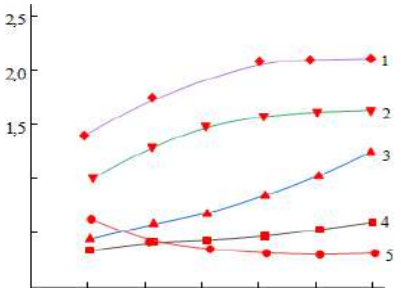


Şəkil 2. Metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləşmə prosesində metanolun konversiyası metanol:O_2 nisbətindən və temperaturdan asılı dəyişməsi.

Metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləşmə reaksiyasının baş vermə mexanizminə bir sıra aydınlıqlar gətirmək məqsədi ilə, o cümlədən metanolun qatılığının karalizatorların səthində adsorbsiya edilərək reaksiyaya tormozlaşdırıcı təsir göstərməyinin mümkün-lüyünü, reaksiya məhsullarının paylanmasında və onların sürətlərinə təsiri tədqiq edilmiş, alınan nəticələr şəkil 3- də verilmişdir.

Bunun üçün metanolun qatılığının 413 K-də ZrV2.0 katalizatorun iştirakında 1,0·10-2 mol/l-dən 6·10-2 mol/l-ə qədər dəyişməsinin onun oksidləşdirici-dehidrogenləşmə reaksiya məhsullarının paylanma sürətlərinə təsiri öyrənilmişdir. Alınmış nəticələr şəkil 3-də öz əksini tapmışdır. Nəticələrin analizindən müəyyən edilmişdir ki, metanolun qatılığının geniş dəyişmə intervalında 1,0·10-2 mol/l-dən 4·10-2 mol/l-ə qədər metanolun çevrilməsinin əsas məhsulları olan formaldehid və DMM-nin alınma sürətləri tədricən artdıqdan sonra demək olar ki, stabilləşir (şəkil 3, əyri 1 və 2), lakin bu zaman dimetilefirin alınma sürəti 2,2 dəfə artır, metanolun qatılığının daha sonrakı artımında 4·10–2–6·10-2 mol/l isə daha sürətlə yenə 2,0 dəfəyə yaxın artmağa başlayır (şəkil 3, əyri 3). Alınmış bu nəticə bir daha göstərir ki, dimetil efirin alınması metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləşmə reaksiyasının digər əsas məhsullarının alınma istiqamətlərinə təsir göstərmir, tam başqa aktiv mərkəzlərdə formalaşır.

Digər reaksiyanın yan məhsulları hesab edilən metilformiatın alınması metanolun qatılığının 1·10–2–4·10-2 mol/l artmasında eyni sabit sürətlə artsa da, bundan sonrakı artmada bir qədər sürətlə artmağa başlayır (şəkil 3, əyri 4). Çox maraqlı hesab edilə bilən nəticələrdən biri də metanolun 1·10–2–4·10-2 mol/l artması intervalında CO2-nin alınma sürətinin 2 dəfəyə yaxın azalması, bundan sonrakı metanolun artması isə əsasən dəyişməz qalmasıdır.



Şəkil 3. Metanolun oksidləşdirici-dehidrogenləşmə reaksiya məhsullarının alınması sürətinin metanolun qatılığından asılı dəyişməsi. 1–FA, 2–DMM, 3–DME, 4–MF, 5–CO_2.

Alınmış bu nəticədən belə hesab etmək olar ki, metanolun katalizatorun səthində qatılığının artması metanolun bilavasitə dərin oksidləşmə CO2-nin olması istiqamətində getməsinin qarşısını alır ki, bu da çox əhəmiyyətlidir. Belə ki, Brutto reaksiyadan alınan CO_2-nin miqdarında metanolun bilavasitə CO2-yəqədər oksidləşməsinin payının az olmasına dəlalət edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Zhu X., Hofmann J.P., Mezari B. [et al.]. Trimodal porous hierarchicalSSX-13 zeolite with improved catalytic performance in 5the methanol-to-olefins reaction /ACS Catalysis, – 2016, v.6, –p.2163-2177.

2. Alieva, A.M. Ways of production alternative kinds of fuels on the basis of methanol / A.M.Alieva, A.J.Efendi, L.G.Magerramova [et al.] //Oil refining and Petrochemistry, – Moscow: – 2019, № 2, –p. 27-32.

ГИБРИДНОЕ СОРБЦИОННО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНА Pb (II) С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЧЕСКОГО РЕАГЕНТА АЛИЗАРИН КРАСНЫЙ С

Мухаммадиева М.Ж., Рузметов У.У.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

Ключевые слова: *Ион Pb (II), сорбция, спектроскопия, сорбент, спектрофотометрия, рентгенофлуоресцентный анализ, ИК-спектроскопия.*

Определение ионов Pb (II) в различных объектах и контроль их количества является одной из важных задач сегодня. Этот ион является одной из глобальных экологических проблем из-за своей высокой токсичности, свойства биоаккумуляции и широкого распространения в окружающей среде[1]. Ионы свинца накапливаются в почве, воде и воздухе, проникают в организм человека через пищевую цепь и наносят серьёзный вред нервной системе и другим органам[2,3].

В данном исследовании представлены результаты определения иона Pb (II) сорбцией на сорбенте шелкового фиброина, выделяемого из шелкового волокна в качестве отхода. Для подготовки волокнистого сорбента шелкового фиброина к работе сначала его активировали. Для активации использовали 0,1 N раствор HCl. Через сутки активированный волокнистый сорбент промывали в дистиллированной воде и иммобилизовали органическим реагентом ализарин красный С, образующим комплекс

с ионом Pb (II). Комплекс образуется на волокнистом сорбенте фиброина шелка в ацетатном буфере при pH=5-5,5 и концентрации реагента 0,00025 М. В исследовании используется меньше реагента, что указывает на эффективность метода. Для изучения комплексообразования в матрице использовался спектрометр диффузионного отражения. В диффузионно-отражательном спектрофотометре ализарин красный S поглощался при 440 нм, а его комплекс с ионом Pb (II) - при 510 нм. С помощью реагента был проведен рентгенофлуоресцентный анализ иммобилизованных и сорбированных ионами металлов сорбентов шелковых фиброиновых волокон. По результатам анализа в сорбенте, где проводилась сорбция ионов Pb (II), содержание свинца с высокой интенсивностью составило 52,2%. Этот результат выражает высокую сорбционную способность сорбента по отношению к иону Pb (II). Для более полного изучения комплекса, образованного реагентом и ионом Pb (II), были проведены ИК-спектроскопические анализы в матрице.

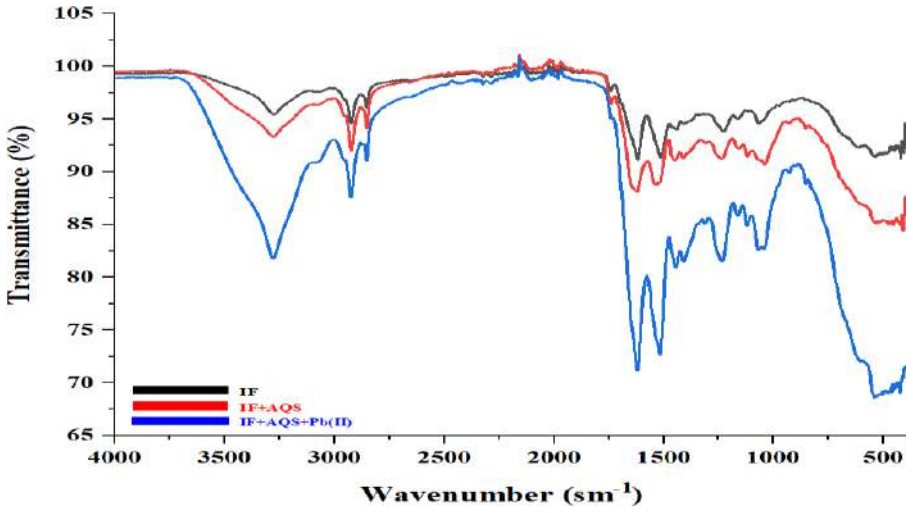


Рисунок 1. ИК-спектр иммобилизованного и сорбированного иона Pb (II) волокна фиброина шелка.

В ИК-спектре имеется несколько спектров поглощения, относящихся к сорбенту из шелкового фиброинового волокна, которые наблюдаются в областях 3280, 2923 и 2953, 1618, 1513 и 1228, 1067 $см^{-1}$, представляющих спектры групп OH, -CH2-, C=O (пептидная связь), C-N и C-O соответственно. После иммобилизации реагента ализарин красный C на сорбенте шелкового фиброина наблюдается новый максимум поглощения в области 1739 $см^{-1}$. Это указывает на иммобилизацию реагента на волокне. В волокне, сорбированном ионом Pb (II), в области 520 $см^{-1}$ наблюдаются новые валентные колебания, относящиеся к связи O-Pb.

Из полученных результатов видно, что реагент ализарин красный S может быть использован в аналитической химии в качестве аналитического реагента для определения ионов Pb (II) и служит решением задач, стоящих перед аналитиками, таких как определение ионов тяжелых металлов в различных объектах. Разрабо-танный метод отличается от других методов скоростью, дешевизной и удобством.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mishra, S., Puri, S., Dash, P. P., Mohanty, P., Sahoo, S. K., &Jali, B. R. (2025).

2. Lead(II) sensing in biological and environmental systems: A decade (2015–2024) of fluorescent probe innovations and emerging trends. Trends in Environmental Analytical Chemistry, 48, e00283. https://doi.org/10.1016/j.teac.2025.e00283.
3. Liu, Z., Ai, S., Xia, Y., & Wang, H. (2024). Intestinal toxicity of Pb: Structural and functional damages, effects on distal organs and preventive strategies. The Science of the Total Environment, 931, 172781. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172781
4. Zhang, L., Zhu, Y., Gu, H., Lam, S. S., Chen, X., Sonne, C., &Peng, W. (2024). A review of phytoremediation of environmental lead (pb) contamination. Chemosphere, 362, 142691. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142691.

ÜZVİ REAGENT ALİZARİN-KRASARİN İSTİFADƏ EDƏRƏK Pb (II) İONLARININ HİBRİD SORBSİYA-SPEKTROSKOPİK TƏYİNİ

Məhəmmədiyeva M.C., Ruzmetov V.U.

Xülasə

Bu işdə matris mühitində Pb(II) ionlarının alizarin qırmızı S reaktivi vasitəsilə təyini öyrənilmişdir. Tədqiqatın aktuallığı ətraf mühit obyektlərində qurğuşun ionlarının təyini üçün həssas və selektiv metodlara olan ehtiyac ilə bağlıdır. Pb(II) ionları ilə alizarin qırmızı S arasında polimer matrisdə kompleks əmələ gəlməsinə əsaslanan hibrid sorbsion-spektroskopik metod işlənib hazırlanmışdır. Reaksiyanın optimal şərtləri, o cümlədən mühitin pH dəyəri, reagentin konsentrasiyası və reaksiya müddəti öyrənilmişdir. Matrisdə əmələ gələn kompleksin tədqiqi məqsədilə İQ-spektroskopik analizlər aparılmışdır. Əldə olunan nəticələr bu metodun ətraf mühit monitorinqində Pb(II) ionlarının təyini üçün effektiv şəkildə tətbiq oluna biləcəyini göstərir.

HYBRID SORPTION-SPECTROSCOPIC DETERMINATION OF Pb(II) IONS USING THE ORGANIC REAGENT ALIZARIN RED C

Mukhammadieva M.Zh., Ruzmetov U.U.

Summary

In this work, the determination of Pb (II) ions in a matrix medium using the alizarin red S reagent was studied. The relevance of the research is due to the need for sensitive and selective methods for determining lead ions in environmental objects. A hybrid sorption-spectroscopic method based on the formation of a complex on a polymer matrix between Pb (II) ions and alizarin red C was developed. Optimal reaction conditions were studied, including the pH value of the medium, the reagent concentration, and the reaction duration. IR spectroscopic studies were conducted to study the complex in the matrix. The obtained results showed that this method can be effectively used in environmental monitoring for the detection of Pb (II) ions.

ГИБРИДНОЕ СОРБЦИОННО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНА Pb (II) С ПОМОЩЬЮ ОРГАНИЧЕСКОГО РЕАГЕНТА АЛИЗАРИН КРАСНЫЙ С

Мухаммадиева М.Ж., Рузметов У.У.

Резюме

В данной работе было изучено определение ионов Pb (II) в матричной среде с использованием реагента ализарин красный S.Актуальность исследования обусловлена потребностью в чувствительных и селективных методах определения ионов свинца в объектах окружающей среды. Разработан гибридный сорбционно-спектроскопический метод, основанный на комплексообразовании ионов Pb (II) и ализарина красного С в полимерной матрице. Изучены оптимальные условия реакции, включая значение pH среды, концентрацию реагента и продолжительность реакции. С целью изучения комплекса в матрице были проведены ИК-спектрос-копические исследования. Полученные результаты показали, что данный метод может быть эффективно использован при определении ионов Pb (II) в мониторингеокружающей среды.

SYNTHESIS AND NMR CHARACTERIZATION OF 4-METHOXYPHENYL-SUBSTITUTED THIOSEMİCARBAZONE ARYL SULFONATE DERIVATIVES

Tutar A., Derin Y.

[a]Faculty of Science, Department of Chemistry, Sakarya University, Esentepe Campus, Serdivan, SAKARYA, 54050

Abstract

Thiosemicarbazones are an important class of Schiff base derivatives known for their versatile coordination behavior and broad biological activities, while organosulfonate esters are widely used as key intermediates in organic synthesis and possess notable pharmacological potential. In this study, 4-methoxyphenyl-substituted thiosemicarbazone derivatives bearing aryl sulfonate ester functionalities were synthesized via a two-step procedure. Initially, aryl sulfonate esters were obtained by *O*-sulfonylation of salicylaldehyde derivatives, followed by condensation with thiosemicarbazide to afford the target compounds in high yields (89–91%). The structures were confirmed by ^{1}H, ^{13}C, and ^{19}F NMR spectroscopy, with characteristic signals supporting the formation of azomethine (–CH=N–) and thiocarbonyl (C=S) groups. These results demonstrate an efficient synthetic route to structurally functionalized thiosemicarbazones with potential applications in medicinal and coordination chemistry.

1. Introduction

Thiosemicarbazones are an important class of nitrogen- and sulfur-containing Schiff base derivatives generally obtained through the condensation of thiosemicarbazide with aldehydesor ketones. Structurally, these compounds contain the characteristic **C=N–NH–C(S)NH$_2$** functional group, which provides multiple coordination sites for metal ions through nitrogen and sulfur donor atoms. Due to this chelating ability, thiosemicarbazones readily form stable complexes with a wide variety of transition metals, making them attractive ligands in coordination chemistry[1,2].

In addition to their versatile coordination behavior, thiosemicarbazones have attracted considerable attention owing to their broad spectrum of biological activities**,** including antimicrobial[3], antiviral[4], antitumor[5], antimalarial[6], and enzyme-inhibitory properties[7]. The biological performance of these molecules is strongly influenced by the

nature of the substituents on the carbonyl precursor as well as modifications on the thiosemicarbazide moiety. Furthermore, the presence of the imine **(C=N)** functionality andthioamide group contributes to electronic conjugation, which can affect their redox behavior and interactions with biological targets[8,9]. Because of these structural and functional features, thiosemicarbazone derivatives continue to be extensively investigated in medicinal chemistry, coordinationchemistry, and materials science, particularly for the development of new therapeutic agents and metal-based bioactive complexes[10,11].

Organosulfonyl compounds occupy a prominent position in both advanced functional materials research and pharmaceutical chemistry[12]. Among them, organosulfonate esters represent an important class of compounds and serve as key intermediates in organic synthesis. These esters are widely employed as protecting groups for hydroxyl functionalities[13], as reactive intermediates in substitution reactions[14], and as electrophilic partners in metal-catalyzed cross-coupling reactions[15,16]. In addition to their synthetic utility, increasing attention has been directed toward their pharmacological potential. Organosulfonate esters are commonly encountered in a wide range of applications, including pharmaceuticals[17], agrochemicals (e.g., pesticides)[18], dyes[19], functional materials[20,21], and bioactive molecules[22]. Consequently, the design and synthesis of novel molecules incorporating sulfonate ester functionalities have attracted considerable interest. Recent studies have further demonstrated that aromatic sulfonate derivatives exhibit diverse biological activities, including antiproliferative, antitumor, and monoamine oxidase (MAO) inhibitory effects[23–25].

In the present study, aryl sulfonate esters were initially synthesized through the sulfonylation of 5-fluorosalicylaldehyde and salicylaldehyde with p-toluenesulfonyl chloride (tosyl chloride) in acetonitrile in the presence of potassium carbonate (K_2CO_3) as a base. Finally, the obtained aryl sulfonate intermediates were subjected to a condensation reaction with the synthesized thiosemicarbazide, leading to the formation of the target thiosemicarbazone derivatives. The compounds were characterized by various NMR techniques.

2. Experimental

Aryl sulfonate esters were prepared according to the route shown in **Figure 1** via sulfonylation of 5-fluorosalicylaldehyde and salicylaldehyde with tosyl chloride in acetonitrile in the presence of K_2CO_3, followed by condensation with thiosemicarbazide, which was prepared from 4-methoxyaniline following a previously reported procedure [26]to yield the target thiosemicarbazone derivatives. The NMR spectra of the compounds in deuterated solvents (CDCl3 and d_6-DMSO) were recorded in a Varian 300 MHz NMR spectrometer.

2.1. The synthesis of Aryl sulfonate esters (3-4)

2-Hydroxy-5-fluorobenzaldehyde or 2-hydroxybenzaldehyde (14.27 mmol, 1 equiv) and K_2CO_3 (42.81 mmol, 3 equiv) were placed in a 100 mL round-bottom flask and dissolved in acetonitrile (50 mL). The reaction mixture was cooled to 0 °C using an ice bath. Subsequently, *p*-toluenesulfonyl chloride (15.70 mmol, 1.1 equiv), dissolved in acetonitrile (25 mL), was added dropwise over 10 min via a dropping funnel. After the completion of the addition, the reaction mixture was stirred at room temperature for 2 days. Upon completion of the reaction, the mixture was poured into water (50 mL) and extracted with ethyl acetate (3 ×

50 mL). The combined organic layers were dried over anhydrous sodium sulfate, and the solvent was removed under reduced pressure using a rotary evaporator. The structures of the isolated compoundswere confirmed by ^{1}H, ^{19}F, and ^{13}C NMR spectroscopic analyses.

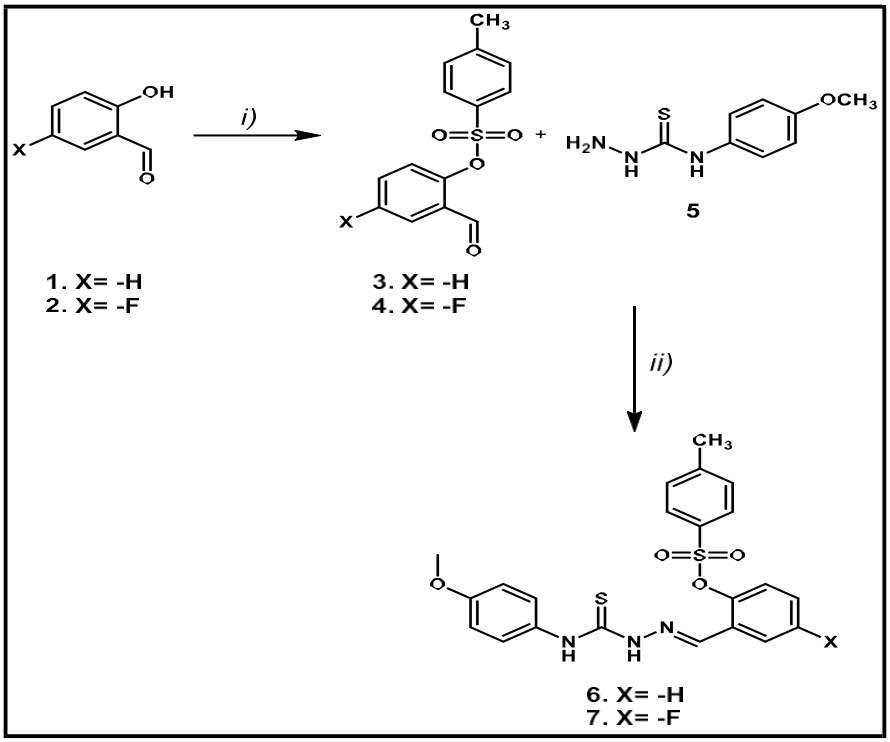


Figure 1.The synthesis of the target thiosemicarbazones (**6-7**)

2.1.1. 2-formylphenyl 4-methylbenzenesulfonate (3)

Yield 78 %, white solid, m.p. 70.7 °C, ^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) δ 9.98 (s, 1H), 7.86 (dd, *J* = 7.7, 1.9 Hz, 1H), 7.69 (d, *J* = 8.3 Hz, 2H), 7.64 – 7.52 (m, 1H), 7.47 – 7.28 (m, 3H), 7.19 (d, *J* = 8.2 Hz, 1H), 2.45 (s, 3H). ^{13}C NMR (75 MHz, $CDCl_3$) δ 187.64, 151.45, 146.64, 135.65, 131.41, 130.42, 129.46, 128.87, 128.75, 127.84, 124.02, 22.07.

2.1.2. 4-fluoro-2-formylphenyl 4-methylbenzenesulfonate (4)

Yield 86 %, brown solid, m.p. 73.6°C,^{1}H NMR (300 MHz, $CDCl_3$) δ 9.90 (s, 1H), 7.69 (d, *J* = 8.4 Hz, 2H), 7.75 – 7.64 (dd, *J* = 8.0, 3.2 Hz, 1H), 7.34 (d, *J* = 8.4 Hz, 2H), 7.30 – 7.23 (m, 1H), 7.16 (dd, *J* = 9.0, 4.3 Hz, 1H), 2.46 (s, 3H). ^{13}C NMR (75 MHz, $CDCl_3$) δ 186.39, 162.81, 159.49, 147.08 (d, *J* = 29.6 Hz), 131.11 (d, *J* = 3.1 Hz), 130.51, 128.78, 126.07 (d, *J* = 8.1 Hz), 122.49 (d, *J* = 24.2 Hz), 114.86 (d, *J* = 24.2 Hz), 22.06. ^{19}F NMR (282 MHz, $CDCl_3$) δ -112.35.

2.2. The synthesis of *Th*iosemicarbazone derivatives

Thiosemicarbazone derivatives were synthesized following a previously reported procedure with minor modifications[27]. In a typical reaction, the corresponding aldehyde derivative (1 equiv) and thiosemicarbazide (1.1 equiv) were dissolved in ethanol, after which a catalytic amount of acetic acid was introduced into the reaction mixture. The resulting solution was stirred at room temperature overnight to allow the formation of the desired product. The precipitated solid was collected by filtration, washed with ethanol, and subsequently dried in an oven at 60 °C for 24 h. The obtained compounds were then characterized using various spectroscopic techniques, as described below.

2.3. (E)-2-((2-((4-methoxyphenyl)carbamothioyl)hydrazono)methyl)phenyl 4-methylbenzenesulfonate (6)

Yield 89 %, beige solid, m.p. 209 °C, ^{1}H NMR (300 MHz, DMSO-d_6) δ 11.81 (s, 1H), 9.98 (s, 1H), 8.31 (d, J = 7.7 Hz, 1H), 8.14 (s, 1H), 7.75 (d, J = 8.1 Hz, 2H), 7.58 – 7.27 (m, 6H), 7.13 (d, J = 8.1 Hz, 1H), 6.92 (d, J = 8.9 Hz, 2H), 3.74 (s, 3H), 2.39 (s, 3H). ^{13}C NMR (75 MHz, DMSO-d_6) δ 177.10, 157.69, 147.99, 147.02, 136.70, 132.49, 131.73, 131.33, 130.93, 129.16, 128.39, 128.31, 128.20, 123.54, 113.97, 55.90, 21.93.

(E)-4-fluoro-2-((2-((4 methoxyphenyl)carbamothioyl)hydrazono)methyl)phenyl (7)

Yield 91 %, beige solid, m.p. 210°C, ^{1}H NMR (300 MHz, DMSO-d_6) δ 11.88 (s, 1H), 10.10 (s, 1H), 8.26 (d, J = 8.9 Hz, 1H), 8.08 (s, 1H), 7.75 (d, J = 7.8 Hz, 2H), 7.44 (d, J = 7.7 Hz, 2H), 7.34 (d, J = 8.1 Hz, 2H), 7.29 – 7.21 (m, 1H), 7.19 – 7.10 (m, 2H),6.93 (d, J = 8.1 Hz, 2H), 3.74 (s, 3H), 2.38 (s, 3H). ^{13}C NMR (75 MHz, DMSO-d_6) δ 177.37, 161.30 (d, J = 243.9 Hz), 157.84, 147.16, 144.00 (d, J = 2.5 Hz), 135.49, 132.43, 130.96 (d, J = 3.0 Hz), 130.81 (d, J = 8.6 Hz), 129.22, 128.63, 125.73 (d, J = 9.4 Hz), 118.40 (d, J = 24.5 Hz), 114.00 (d, J = 21.3 Hz), 113.72, 55.88, 21.92.^{19}F NMR (282 MHz, DMSO-d_6) δ -113.99.

3. Results and Discussion

3.1. Chemistry

The target compounds of biological interest were obtained via a two-step synthetic route. Initially, phenolic aldehydes were *O*-sulfonated to generate benzaldehyde derivatives containing an arylsulfonate ester functionality with 78-86 % yield. Subsequently, these aldehydes underwent condensation with thiosemicarbazide, affording the corresponding thiosemicarbazone derivatives bearing an arylsulfonate group with 89-91% yield.

3.2. Characterization of the compounds

The structures of all compounds in this study were elucidated using various NMR techniques. The spectral data of the arylsulfonate esters and thiosemicarbazone derivatives are provided in the Experimental section. The spectra of thiosemicarbazone derivatives are given in Figure 2 and 3. For compounds **3** and **4**, the aldehyde proton signals were observed at 9.90 and 9.98 ppm, respectively, while the corresponding aldehyde carbon signals appeared at 187.64 and 186.39 ppm. The aromatic proton signals in the 7–8 ppm region of the ^{1}H NMR spectra confirm the presence of the aromatic framework in the proposed structures.Moreover, the methyl proton signals at 2.45 and 2.46 ppm in the ^{1}H NMR spectra, together with the corresponding methyl carbon signals at 22.07 and 22.06 ppm in the ^{13}C NMR spectra, confirm the successful incorporation of the arylsulfonate moiety onto the phenolic ring. For compound **4**, the single resonance observed at −112.35 ppm in the ^{19}F NMR spectrum corresponds to the fluorine atom attached to the benzaldehyde ring.

Thiosemicarbazone derivatives, namely compounds **6** and **7**, contain two NH protons, which appear as singlets at 11.81 and 9.98 ppm for compound 7 and at 11.88 and 10.10 ppm for compound **8** in the ^{1}H NMR spectra. The azomethine (–CH=N–) proton signals were observed as singlets at 8.14 and 8.08 ppm for compounds **7** and **8**, respectively. The methyl group of the sulfonate moiety exhibited proton signals at 2.39 and 2.38 ppm and corresponding carbon signals at 21.93 and 21.92 ppm for compounds **7** and **8**, respectively.Furthermore, the methoxy proton signals at 3.74 ppm in both compounds, along with the corresponding carbon signals at 55.90 and 55.88 ppm, support the proposed

molecular structures. In addition, the ^{13}C NMR spectra displayed signals at 177.10 and 177.37 ppm, attributable to the thiocarbonyl (C=S) carbon, providing clear evidence for the successful formation of the target compounds.

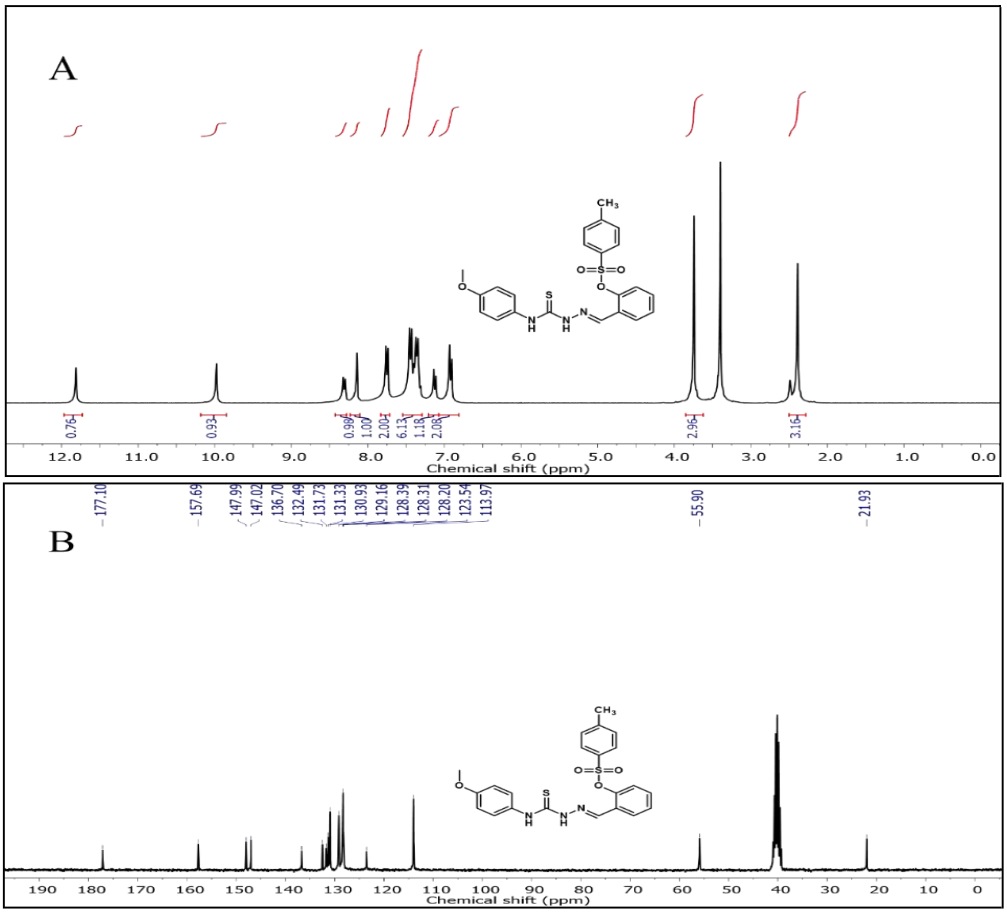
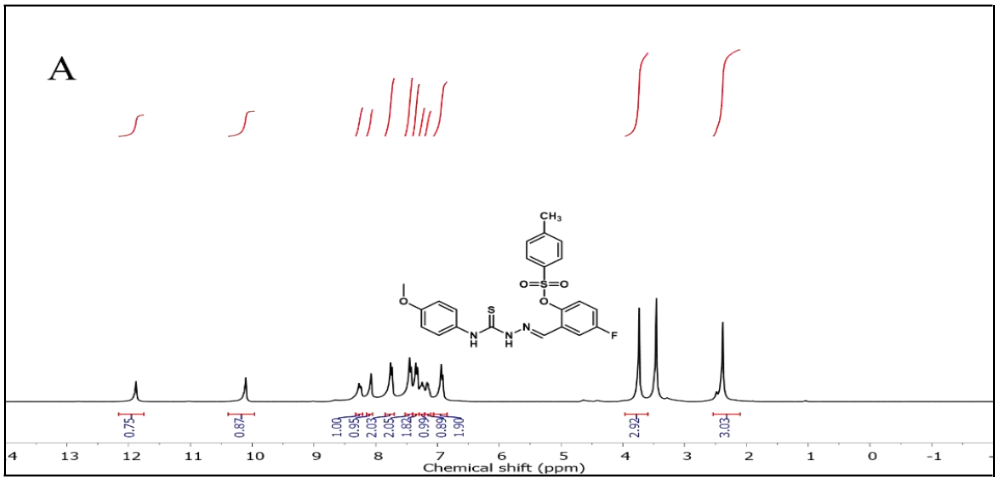


Figure 2. A) ^{1}H NMR **B)**^{13}C NMR spectrum of compound **6.**



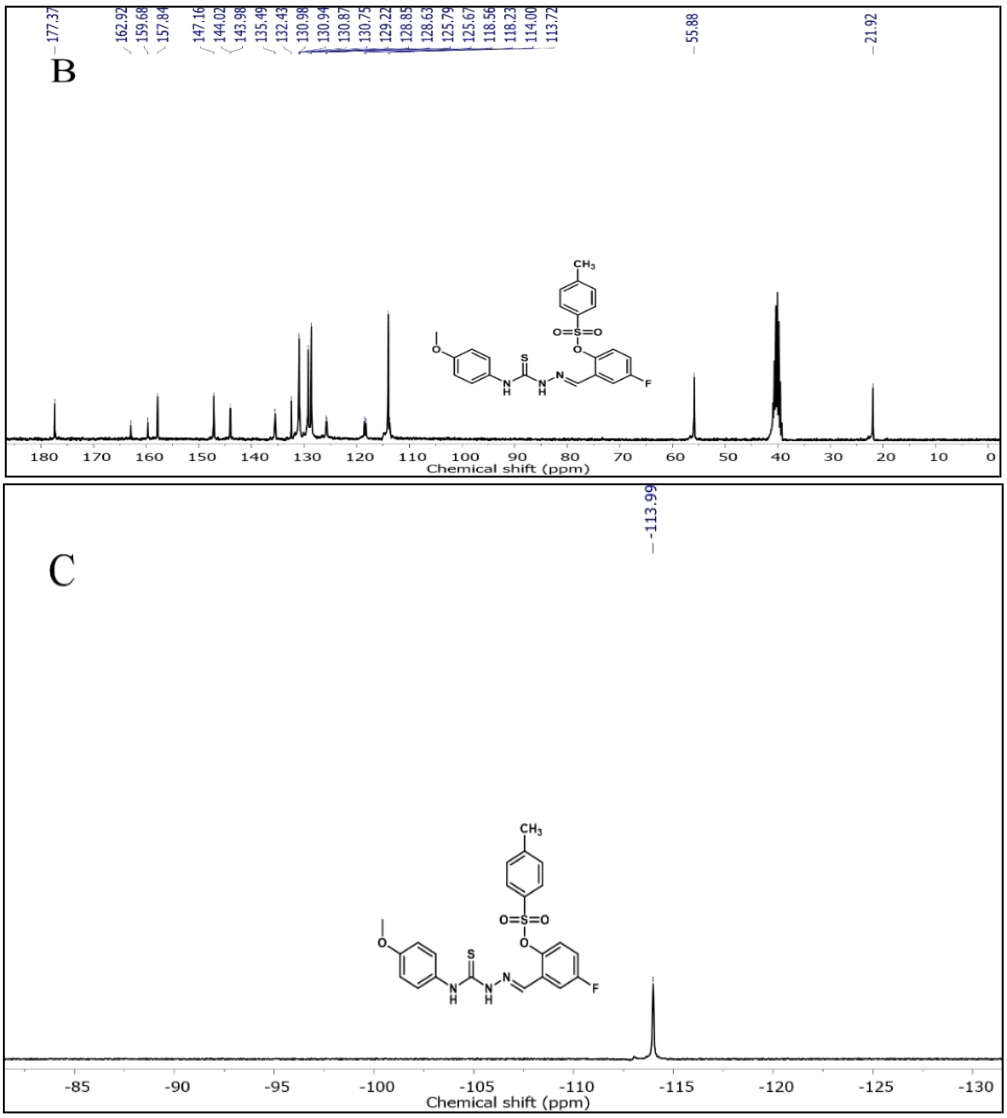


Figure 3.A) ^{1}H NMR **B)**^{13}C NMR **C)**^{19}F NMR spectrum of compound **7.**

4. Conclusion

In conclusion, a novel set of 4-methoxyphenyl-substituted thiosemi carbazoned erivatives incorporating aryl sulfonate ester functionalities was successfully synthesized through a straightforward and efficient two-step protocol. The sulfonylation of phenolic aldehydes followed by condensation with thiosemicarbazide derivatives afforded the target compounds in high yields and purity. Detailed NMR analyses (^{1}H, ^{13}C, and ^{19}F) provided strong evidence for the proposed molecular structures, particularly confirming the presence of key functional groups such as azomethine, thiocarbonyl, and sulfonate moieties. Considering the well-documented biological and coordination properties of both thiosemicarbazones and sulfonate esters, the synthesized compounds may serve as promising candidates for future investigations in medicinal chemistry, metal complexation studies, and structure–activity relationship (SAR) analyses.

REFERENCES

[1]M. Dharmasivam, S. Zhang, X. Zhao, V. Richardson, T.P. Wijesinghe, M. Suleymanoglu, M. Gholam Azad, P. V. Bernhardt, B. Kaya, D.R. Richardson, Advantages of Novel Anti-

cancer Selenosemicarbazones: Preferential Reactivity of Their Fe(III), Cu(II), and Zn(II) Complexes with Key Physiological Reductants/Ligands Versus Isosteric Thiosemicarbazones, J. Med. Chem. 68 (2025) 9594–9622. https:/
/ doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5c00374.
[2]O. Garbuz, E. Ceban, D. Istrati, N. Railean, I. Toderas, A. Gulea, Thiosemicarbazone-Based Compounds: Cancer Cell Inhibitors with Antioxidant Properties, Molecules 30 (2025) 2077. https://doi.org/10.3390/molecules30092077.
[3]G. Korkmaz, A review of recent research on the antimicrobial activities of thiosemicarbazone-based compounds, Journal of New Results in Science 13 (2024) 61–83. https://doi.org/10.54187/jnrs.1464723.
[4]C.C. Pacca, R.E. Marques, J.W.P. Espindola, G.B.O.O. Filho, A.C.L. Leite, M.M. Teixeira, M.L. Nogueira, Thiosemicarbazones and Phthalyl-Thiazoles compounds exert antiviral activity against yellow fever virus and Saint Louis encephalitis virus, Biomedicine & Pharmacotherapy 87 (2017) 381–387. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2016.12.112.
[5]B. Shakya, P.N. Yadav, Thiosemicarbazones as Potent Anticancer Agents and their Modes of Action, Mini-Reviews in Medicinal Chemistry 20 (2020) 638–661. https://doi.org/10.2174/1389557519666191029130310.
[6]R. Matsa, P. Makam, M. Kaushik, S.L. Hoti, T. Kannan, Thiosemicarbazone derivatives: Design, synthesis and in vitro antimalarial activity studies, European Journal of Pharmaceutical Sciences 137 (2019) 104986. https://doi.org/ 10.1016/ j.ejps. 2019.104986.
[7]H. Yakan, Ü.M. Koçyiğit, H. Muğlu, M. Ergul, S. Erkan, E. Güzel, P. Taslimi, İ. Gülçin, Potential thiosemicarbazone-based enzyme inhibitors: Assessment of antiproliferative activity, metabolic enzyme inhibition properties, and molecular docking calculations, J. Biochem. Mol. Toxicol. 36 (2022). https://doi.org/10.1002/jbt.23018.
[8]A. Czylkowska, M. Pitucha, A. Raducka, E. Fornal, E. Kordialik-Bogacka, S. Ścieszka, M. Smoluch, F. Burdan, M. Jędrzejec, P. Szymański, Thiosemicarbazone-Based Com-pounds: A Promising Scaffold for Developing Antibacterial, Antioxidant, and Anticancer Therapeutics, Molecules 30 (2024) 129. https://doi.org/10.3390/molecules30010129
[9] X.-G. Bai, Y. Zheng, J. Qi, Advances in thiosemicarbazone metal complexes as anti-lung cancer agents, Front. Pharmacol. 13 (2022). https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1018951.
[10] P. Jyothi, Recent advances in thiosemicarbazone metal complexes: structure–activity relationship and therapeutic prospects, Discover Chemistry 3 (2026) 73.
https://doi.org/10.1007/s44371-026-00538-3.
[11] O. Özbek, C. Berkel, Sensor properties of thiosemicarbazones in different analytical methods, Polyhedron 238 (2023) 116426.
https://doi.org/10.1016/j.poly.2023.116426.
[12] D. Joseph, M.A. Idris, J. Chen, S. Lee, Recent Advances in the Catalytic Synthesis of Arylsulfonyl Compounds, ACS Catal. 11 (2021) 4169–4204.
https://doi.org/10.1021/acscatal.0c05690.
[13] M.S. Alam, S. Koo, Deprotection of durable benzenesulfonyl protection for phenols — efficient synthesis of polyphenols, Synth. Commun. 48 (2018) 247–254.
https://doi.org/10.1080/00397911.2017.1393088.
[14] L. Mokhi, A. Moussadik, M. Driowya, A. El Mahmoudi, H. Tachallait, R. Benhida, A. El Hamidi, K. Bougrin, Magnetically separable new Fe3O4@AgZr2(PO4)3 nanocomposite

catalyst for the synthesis of novel isoxazole/isoxazoline-linked 1,2,3-triazoles in water under ultrasound cavitation, J. Mol. Liq. 395 (2024) 123763. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.123763.
[15] T. Zhou, M. Szostak, Palladium-catalyzed cross-couplings by C–O bond activation, Catal. Sci. Technol. 10 (2020) 5702–5739. https://doi.org/10.1039/D0CY01159B.
[16] P.Y. Yeung, C.M. So, C.P. Lau, F.Y. Kwong, A Mild and Efficient Palladium -Catalyzed Cyanation of Aryl Mesylates in Water or *t* BuOH/Water, Angewandte Chemie 122 (2010) 9102–9106. https://doi.org/10.1002/ange.201005121.
[17] D.Kanabar, P. Farrales, M. Gnanamony, J. Almasri, E.M. Abo-Ali, Y. Otmankel, H. Shah, D.Nguyen, M.El Menyewi, V.V.Dukhande, A.D'Souza, A.Muth, Structural modify-cation of the aryl sulfonate ester of cjoc42 for enhanced gankyrin binding and anti-cancer activity,Bioorg.Med.ChemLett.30(2020)126889.https:/doi.org/ 10.1016/ j.bmcl.2019. 126889.
[18] C. Li, Y. Liu, X. Ren, Y. Tan, L. Jin, X. Zhou, Design, Synthesis and Bioactivity of Novel Pyrimidine Sulfonate Esters Containing Thioether Moiety, Int. J. Mol. Sci. 24 (2023) 4691. https://doi.org/10.3390/ijms24054691.
[19] S.M. Pauff, S.C. Miller, Synthesis of Near-IR Fluorescent Oxazine Dyes with Esterase -Labile Sulfonate Esters, Org. Lett. 13 (2011) 6196–6199. https://doi.org/10.1021/ol202619f.
[20] X. Lopez de Pariza, E. Cordero Jara, N. Zivic, F. Ruipérez, T.E. Long, H. Sardon, Novel imino- and aryl-sulfonate based photoacid generators for the cationic ring-opening polymerization of ε-caprolactone, Polym. Chem. 12 (2021) 4035–4042. https://doi.org/10.1039/D1PY00734C.
[21] C. Marestin, X. Thiry, S. Rojo, E. Chauveau, R. Mercier, Synthesis of sulfonate ester and sulfonic acid-containing poly(arylene perfluorocyclobutane)s (PFCB) by direct copolymerization of a sulfonate ester-containing precursor, Polymer (Guildf). 108 (2017) 179–192. https://doi.org/10.1016/j.polymer.2016.11.061.
[22] A. Zuse, P. Schmidt, S. Baasner, K.J. Böhm, K. Müller, M. Gerlach, E.G. Günther, E. Unger, H. Prinz, Sulfonate Derivatives of Naphtho[2,3- *b*]thiophen-4(9 *H*)-one and 9(10 *H*)-Anthracenone as Highly Active Antimicrotubule Agents. Synthesis, Antiproliferative Activity, and Inhibition of Tubulin Polymerization, J. Med. Chem. 50 (2007) 6059–6066. https://doi.org/10.1021/jm0708984.
[23] M.I. El-Gamal, C.-H. Oh, Synthesis, in vitro antiproliferative activity, and in silico studies of fused tricyclic coumarin sulfonate derivatives, Eur. J. Med. Chem. 84 (2014) 68–76. https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2014.06.064.
[24] E. Başaran, G. Tür, S. Akkoc, T. Taskin-Tok, Design, Synthesis, and *In Silico* and *In Vitro* Cytotoxic Activities of Novel Isoniazid–Hydrazone Analogues Linked to Fluorinated Sulfonate Esters, ACS Omega (2024). https://doi.org/10.1021/acsomega.4c00652.
[25] E. Basaran, H.G. Sogukomerogullari, M. Tılahun Muhammed, S. Akkoc, Synthesis of Novel Cu(II), Co(II), Fe(II), and Ni(II) Hydrazone Metal Complexes as Potent Anticancer Agents: Spectroscopic, DFT, Molecular Docking, and MD Simulation Studies, ACS Omega (2024). https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06202.
[26] H. Ardahanli, Y. Derin, R.F. Yilmaz, H. Gül, M. Sertçelik, A. Tutar, New thiosemicar-bazones: synthesis, structural characterization, in vitro, and in silico evaluation of antipro-liferative effects, Future Med. Chem. (2025) 1–8. https:// doi.org/10.1080/17568919.2025.2570969.

[27] B.K. Tutar, Ö.F. Tutar, S. Bodur, Y. Derin, A. Tutar, S. Bakırdere, Determination of copper at trace levels in fennel tea samples by flame atomic absorption spectrometry after the implementation of simultaneous complexation and supramolecular solvent based spraying assisted liquid phase microextraction, Journal of Food Composition and Analysis 137 (2025) 106993. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106993.

SYNTHESIS OF DODECYLPR OPYLAMMONIUM PELARGONATE SALT AND ITS INVESTIGATION AS A CATANIONIC SURFACTANT

Poladova T.A., Isayeva A.M., Guliyeva T.X., Vekilova F.M.
Institute of Petrochemical Processes
teranepoladova@hotmail.com

Key words:*Catanionic salt, surface activity, tensiometric method, surfactants, oil-collecting.*

Açar sözlər:*Katanion duzu, səthi aktivlik, tensiometrik üsul, səthi aktiv maddələr, neftyığma.*

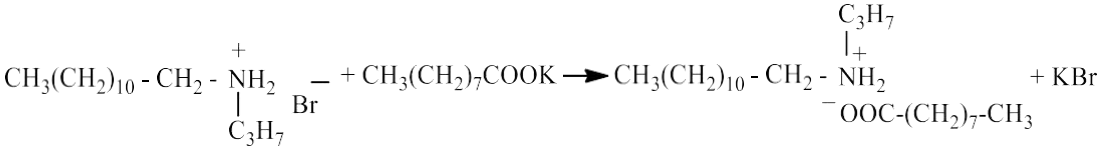
Ключевые слова:*Катаниoнная соль, поверхностная активность, тензиометрический метод, поверхностно-активные вещества, нефтесобирание.*

New dodecylpropylammoniumpelargonate catanionic salthave been synthesized. By tensiometric measurements its high surface activity at the water-air border has been shown. By laboratory tests its effectiveness for removal of ecologically hazardous thin petroleum films from the water surface has been revealed.

According to the data published in the scientific and technical literature in recent years, catanionic surfactants have unique properties. In the presented work, catanionic surfactant was synthesized based on dodecyl ammonium propyl bromide salt and potassium pelargonate salt. The interaction of these salts, which were previously obtained, was carried out in a 1:1 molar ratio at 54°C with intensive stirring for two days: As a result of the reaction, a white-yellowish thick liquid was obtained. The reaction product turns white and becomes viscous as it cools. The obtained salt foams strongly and disperses in water.

The obtained dodecylpropylammoniumpelargonate salt was characterized by a number of physicochemical parameters. Its structure was confirmed by IR spectroscopy.

To study the electrical conductivity of this salt, solutions of different concentrations were prepared and their specific electrical conductivity (χ, μS/cm) at a temperature of 23°C was found in a conductometer: 0.001%–13.5; 0.0005%–23.5; 0.01%–28.9; 0.05%–76.3; 0.1%–103.2; 0.2%–163.1. As can be seen, the value of χ for the solution increases as the salt concentration increases.



The surface activity of the obtained salt was studied by tensiometric method. The values of surface tension (σ, mN/m) at the air interface, depending on the concentration of

aqueous solutions (23°C), were as follows: 0.0001%–70.5; 0.0005%–52.4; 0.01%–42.9; 0.05%–37.6; 0.1%–35.5; 0.2%–34.2.

The oil-collecting ability of the salt against Pirallahi oil was studied. The results of the study showed that this salt shows strong oil-accumulating ability in solution in both distilled, drinking and seawater applications (K_{max}=60.8; τ~8 days).

REFERENCES

1. Ahmadova G.A., Abilova A.Z., Rahimov R.A., et al. Effect of alternation of chloropropoxy-and propoxy-units and impact of the ethylol-groups number on properties of surfactants. Australian Journal of Chemistry, 2018, Vol. 71, pp. 837–845

2. Asadov Z.H., Poladova T.A., Salamova N.V. et al. New surface-active polymer complexes based on dodecylammoniumcaprinate and pelargonatesalts. Polish Journal Of Science, 2020, №23, pp. 15-21

DODESİLPROPİLAMMONİUM PELARQONAT DUZUNUN SİNTEZİ VƏ KATANOİN SƏTHİ-AKTİV MADDƏ KİMİ TƏDQİQİ

Poladova T.Ə., İsayevaA.M., QuliyevaT.X., VəkilovaV.M.

Xülasə

Təqdim edilən işdə katanion SAM dodesilammoniumpropil bromid və kalium pelarqonat duzları əsasında sintez edilmişdir. Alınmış dodesilpropilammonium pelarqonat duzu bir sıra fiziki-kimyəvi göstəricilərlə xarakterizə edilmişdir. Onun quruluşu İQ–spektroskopiya üsulu ilə təsdiq olunmuşdur. Duzun Pirallahı neftinə qarşı neftyığma qabiliyyəti öyrənilmişdir. Tədqiqatın nəticələrindən məlum olmuşdur ki, bu duz distillə, içməli və dəniz sularında məhlul halında güclü neftyığma qabiliyyəti göstərir (K_{maks}=60.8;τ~8 gün).

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛИДОДЕЦИЛПРОПИЛАММОНИИ ПЕЛАРГОНАТА КАК КАТАНИОННОГОПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

ПоладоваТ.А., ИсаеваА.М., КулиеваТ.Х., ВекиловаФ.М.

***Р*езюме**

В представленной работе был синтезирован катанионныйПАВ на основе соли пропилбромидадодециламмония и пеларгоната калия. Полученная соль пеларгоната додецилпропиламмония была охарактеризована по ряду физико-химических параметров. Ее структура подтверждена методом ИК-спектроскопии. Изученаспо-собность данного реагента собирать тонкую пленку пираллахинской нефти с водной поверхности. Результаты исследования показали, что данная соль в разбавленном состоянии проявляет высокую нефтесобирающую способность в средах дистиллированной, питьевой и морской воды (Кмакс = 60,8; τ ≈ 8 суток).

PROSPECTS FOR USING THE ANTIPSYCHOTIC DRUG - OLANZAPINE MOLECULE AS AN ORGANIC LIGAND

[1]Gabitashvili N., [1,2]Tsintsadze M., [1,3]Gvelesiani I., [1,2]Tsintsadze T., [1]Mamiseishvili M.

[1] Georgian Technical University, Georgia. 0175. Tbilisi.

[2]I.Javakhishvili Tbilisi State University R. Agladze Institute of Inorganic Chemistry and Electrochemistry Georgia. 0186. Tbilisi.
[3] Tbilisi State Medical University V.Bakhutashvili Institute of Medical Biotechnology, Georgia. 0159. Tbilisi.
gabitashvili.nino@teachers.gov.ge

Olanzapine is a pharmacologically active substance belonging to the group of anti-psychotic/neuroleptic drugs used to treat various mental illnesses and conditions. Chemically, olanzapine belongs to the group of benzodiazepines, with the chemical name 2-methyl-4-(4-methyl-1-piperazinyl)-10H-thieno[2,3-b][1,5]benzodiazepine:

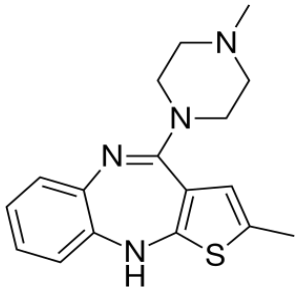


Figure 1. Structure of olanzapine

The ability of the olanzapine molecule to form complexes with metals has been studied using quantum-chemical methods; the energy, electronic and structural characteristics of the molecule have been calculated in the gas phase as well as in water and various organic solvents. As a result of the study, all donor atoms that were able to form a coordination bond with the metal have been identified. Analysis of these calculations allows the selection of optimal conditions for synthesis. Based on the results obtained, several completely new coordination compounds with magnesium, cobalt and copper have been synthesized with olanzapine. Some physicochemical properties of these compounds have been studied. Also, electrochemical and spectrophotometric studies of olanzapine in buffer solution have been conducted. The polarographic activity of olanzapine in a buffer solution (a mixture of 0.08 M citric acid and 0.05 M trisodium citrate) during cathodic polarization of a mercury drop electrode has been revealed, in contrast to neutral aqueous solutions of sodium perchlorate and ethanol solutions.

A method for the purification of olanzapine has been developed, which involves mixing olanzapine with an organic acid in an organic solvent or a mixture of organic solvents, obtaining, precipitation, and isolation of the olanzapine acid-addition/acid-addition salt. Carboxylic acids have been selected as the organic acid. The conversion of the olanzapine acid-addition salt to olanzapine, methods for obtaining and purifying pure olanzapine, and schemes for the production of a pharmaceutically acceptable, final product have been developed/applied.

SALİSİL ALDEHİDİ ƏSASINDA SİNTEZ EDİLMİŞ REAGENTLƏRİN Fe (III) İLƏ ƏMƏLƏ GƏTİRDİYİ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏLƏRİN SPEKTROFOTOMETRİK TƏDQİQİ

Məmmədova Ç.A., Əliyeva F.S., Muğalova G.R., Çıraqov F.M.
Bakı Dövlət Universiteti
chinara.mamedova.86@mail.ru

Açar sözlər: *Spektrofotometriya, dəmir (III), kompleksəmələgəlmə, salisil aldehidi, sintez.*

Keywords: *Spectrophotometry, iron (III), complexation, salicyl aldehyde, synthesis.*

Ключевые слова: *Спектрофотометрия, железо (III), комплексообразование, салицилальдегид, синтез.*

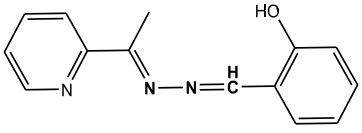
Ədəbiyyatdan məlumdur ki, dəmirin(III) spektrofotometrik təyini üçün tərkibində OH-qrupu və donor azot atomu saxlayan reagentlər geniş tətbiq olmuşdur [1-5]. Buna görə də, salisil aldehidi əsasında sintez olunmuş yeni reagentlər - 2-((E)-(((E)-1-piridin-2-il)etiliden)hidrazono)metil)fenol(R_1), [(2-hidroksibenzaldehid)-3-izatin] -bishidrazon (R_2) və (E)-2-hidroksi-3-((2-hidroksibenziliden) (amino) benzolsulfoturşunun (R_3) dəmirlə (III) kompleksəmələgətirməsinin üçüncü komponentlər iştirakında və iştirakı olmadan tədqiqi aktual hesab olunur.

Təcrübə göstərir ki, dəmir (III) ionu R_1–R_3 reagentləri ilə intensiv rəngli kompleks birləşmələr əmələ gətirir. Bu reagentlərin hər birinin dəmir(III) ionu ilə əmələ gətirdiyi kompleks birləşmələr tədqiq edilmiş, eyniliqandlı komplekslərə üçüncü komponentlərin-kation tip səthi-aktiv maddələr (setilpiridinxlorid, setiltrimetilammoniumbromid), qeyri-ionegen səthi–aktiv maddələr (triton x-114), aromatik aminlərin (diantipirilmetan –DAM, Dianti pirilfenilmetan-DAFM, 8-oksixinolin, difenilquanidin, 4-aminoantipirin) təsiri öyrənil-mişdir.

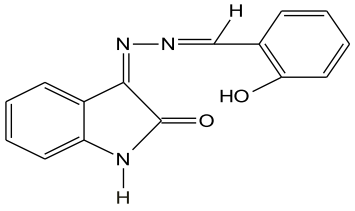
EKSPERİMENTAL HİSSƏ

Reagentlər **s**alisil aldehidinin N-əvəzolunmamış hidrazonlar (R_1, R_2) və aromatik aminlərlə (R_3) kondensləşmə reaksiyaları əsasında sintez edilmiş, tərkibləri İQ- və NMR-spektroskopiya, RSA metodları ilə müəyyənləşdirilmişdir.

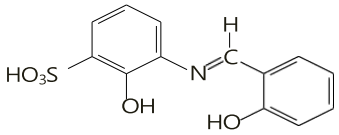
Reagentlər spirtdə yaxşı həll olurlar. Tədqiqat zamanı bu reagentlərin $1\cdot10^{-3}$M (R_2) və $2\cdot10^{-3}$M (R_1, R_3), metalın $1\cdot10^{-3}$M, üçüncü komponentlərin isə $1\cdot10^{-2}$M qatılıqlı məhlullarından istifadə edilmişdir. pH məhlulları HCl fiksanalından və amonyak-asetat bufer məhlullarından hazırlanmışdır. Məhlulların optiki sıxlığı «Lambda 40» (PERKİN ELMER) spektrofotometrində və КФК-2 fotokolorimetrində ölçülmüşdür (ℓ=1см).

R_1 

2-((E)-(((E)-1-piridin-2-il)etiliden)hidrazono)metil)fenol

R_2 

[(2-hidroksibenzaldehid)-3-izatin]-bishidrazon

R_3 

(E)-2-hidroksi-3-((2-hidroksibenziliden)(amino)benzolsulfoturşu

TƏDQİQATIN NƏTİCƏLƏRİ

Spektrofotometrik metod vasitəsi ilə müəyyən edilmişdir ki, R_1–R_3 reagentləri turş mühitdə Fe(III) ionu ilə tünd qırmızı kompleks birləşmələr əmələ gətirir. Əmələ gələn eyniliqandlı və müxtəlifliqandlı kompleks birləşmələrin əsas spektrofotometrik xarakteristikaları cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Kompleks birləşmələrin əsas fotometrik xarakteristikaları.

Reagentlər	pH_{opt}	λ_{max} , nm	ε_{max}	Komponentlər nisbəti	Ber qanununa tabeçilik intervalı
FeR_1	4	380	9500	1:2	0,448-3,584
FeR_1-4-aminoantipirin	3	401	13500	1:2:2	0,224-4,48
FeR_1-DAM	2	386	12500	1:2:1	0,224-4,48
Fe(III)R_2	5	331	12500	1:2	0,448-1,792
Fe(III)R_2-DAM	3	376	18000	1:1:2	0,112-2,24
Fe(III)R_2-8-oksixinolin	4	467	22000	1:2:2	0,179-2,24
Fe(III)R_2-DFQ	3	369	16000	1:1:1	0,224-2,24
Fe(III)R_3	4	353	10000	1:2	0,448-2,24
Fe(III)R_3-DAFM	1	378	13000	1:2:1	0,112-3,36
Fe(III)R_3-8-oksixinolin	3	389	16000	2:2:1	0,112-2,24
Fe(III)R_3SpCl	3	374	16250	0.112 - 4.48	1:1:2
Fe(III)R_3- STMABr	2	392	19000	0.112 -4.48	1:1:1
Fe(III)R_3-Triton X-114	3	385	11000	0.224 - 2.24	1:2:1

Cədvəldən göründüyü kimi üçüncü komponentlərin təsirindən kompleksəmə-ləgəlmənin optimal şəraiti daha turş mühitə sürüşür, optimal pH–da optiki sıxlığın qiyməti artır, komplekslərin maksimum işıq udmasında eyniliqandlı komplekslərin işıq udmasına nəzərən batoxrom yerdəyişmə baş verir. Müxtəlifliqandlı kompleks birləşmələrin molyar udma əmsalları da eyniliqandlı komplekslərə nisbətən yüksək olur. Bu onu göstərir ki, reagentlərin modifikasiya olunmuş formaları daha geniş analitik imkanlara malikdir. Eyniliqandlı və müxtəlifliqandlı komplekslərin tərkibi izomolyar seriyalar, Starik-Barbanelin nisbi çıxımı və tarazlığın sürüşməsi metodları ilə təyin edilmişdir.

Reaksiyaların seçiciliyini öyrənmək məqsədilə kompleksəmələgəlmə reaksiyalarına kənar ionların və pərdələyicilərin təsiri öyrənilmişdir. Təcrübə göstərir ki, eyniliqandlı və müxtəlifliqandlı komplekslər turş mühitdə əmələ gəlir, ona görə də bu reaksiyaların yüksək seçiciliyə malik olacaqlarını qabaqcadan proqnozlaşdırmaq olar.

İşlənmiş metodikalar almanın üç növündə (simerenko, fudji, palmet), qarabaşaq-da,bananda, ağ çörəkdə, noxudda və buğda kəpəyində dəmirin mikromiqdarının təyini üçün tədbiq edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Mamedova, C.A., Gadjieva, S.R., Alieva, F.S. *et al.* Structure of 2-(((1-(3-Bromophe-nyl)

ethylidene) hydrazono) methyl) phenol and Its Application to the Spectro-photometric Determination of Iron (III). *J Anal.Chem* 79, 1020–1026(2024).
2. https://doi.org/10.1134/S1061934824700400
3. Lutfullah, S.Sharma, N.Rahman, S.N.H.Azmi, H.J.S. Hidaifi and M.M.A. Qasimi. Spectrophotometric determination of Fe(III) via complexation with piroxicam in synthetic mixture and soil samples//Journal of scientific & İndustrial Research.Vol.69, February 2010, pp. 135-141
4. Saeidi, Mahboubeh, Aboutalebi, Reihaneh, Darehkordi, Ali, A New Spectrophoto-metric Reagent for Fe(III): 2-(2,3-Dihydroxy-4-oxocyclobut-2-enylidene) Hydrozine-carbo-thiamide and Its Application in Real Samples, Journal of Chemistry, 2013, 628253, 6 pages, 2013. https://doi.org/10.1155/2013/628253
5. Р.А.Алиева, Ф.Г.Пашаев, А.Г.Гасанов, К.Е.Махмудов. Квантово-химические расчеты таутомерных форм азопроизводных этилацетоацетата и их применение для фотометрического определения железа (III). //Методы и объекты химического анализа. 2008. Т.3,№2,с.167-174
6. Нагиев Х.Д., Эспанди Ф.Э., АлиеваР.А., Гюллярли У.А., ЧыраговФ.М. Определение микроколичеств железа в фруктах. /Аналитика и контроль .2013.Т.17. №1.с.107-111.

SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF COMPLEX COMPOUNDS FORMED WITH Fe (III) BY SYNTHESIZED REAGENTS BASED ON SALICYL ALDEHYDE

Mammadova C. A., Aliyeva F. S., Mugalova G. R., Chiragov F.M.,

Summary

New reagents based on salicylaldehyde-2-((E)-(((E)-1-pyridin-2-yl) ethylidene) hydrazono) methyl) phenol (R1), [(2-hydroxybenzaldehyde)-3-isatin]-bishydrazone (R2) and (E)-2-hydroxy-3-((2-hydroxybenzylidene) (amino) benzenesulfonic acid (R3) were synthe-sized, the complexation of the synthesized reagents with iron (III) was studied in the presence and absence of third components, and the optimal conditions for complexation were determined. In order to study the selectivity of the reactions, the effect of external ions and scavengers on the complexation reactions was studied. The developed methods were applied to the determination of microamounts of iron in three types of apples (simerenko, fuji, palmette), buckwheat, banana, white bread, peas and wheat bran.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ОБРАЗОВАННЫХ С Fe (III) С ПОМОЩЬЮ СИНТЕЗИРОВАННЫХ РЕАГЕНТОВ НА ОСНОВЕ САЛИЦИЛАЛЬДЕГИДА

Маммадова Ч.А., Алиева Ф.С., Мугалова Г.Р., Чирагов Ф. М.,

Резюме

Синтезированы новые реагенты на основе салицилальдегида - 2-((E)-(((E)-1-пиридин-2-ил) этилиден) гидразоно) метил) фенол (R_1), [(2-гидроксибензальдегид)-3-изатин]-бисгидразон (R_2) и (E)-2-гидрокси-3-((2-гидроксибензилиден) (амино) бензолсульфокислота (R_3), изучено комплексообразование синтезированных реагентов с железом (III) в присутствии и отсутствии третьих компонентов, определены оптимальные условия комплексообразования. Для изучения селективности реакций

исследовано влияние внешних ионов и маскирующих агентов на реакции комплексообразования. Разработанные методы использованы для определения микроколичеств железа в трех сортах яблок (симеренко, фуджи, пальметта), гречихе, банане, белом хлебе, Внедрены горох и пшеничные отруби.

SALİSİL ALDEHİDİ ƏSASINDA SİNTEZ EDİLMİŞ REAGENTLƏRİN Fe (III) İLƏ ƏMƏLƏ GƏTİRDİYİ KOMPLEKS BİRLƏŞMƏLƏRİN SPEKTROFOTOMETRİK TƏDQİQİ

Məmmədova Ç.A., Əliyeva F.S., Muğalova G.R., Çıraqov F.M.

Xülasə

Salisil aldehidi əsasında yeni reagentlər-2-((E)-(((E)-1-piridin-2-il)etiliden) hidra-zono) metil) fenol (R_1), [(2-hidroksibenzaldehid)-3-izatin]-bishidrazon (R_2) və (E)-2-hidroksi-3- ((2-hidroksibenziliden) (amino) benzolsulfoturşu (R_3) sintez olunmuş, sintez olunmuş reagent-lərin dəmirlə (III) kompleksəmələgətirməsi üçüncü komponentlər iştirakında və iştirakı olma-dan tədqiq olunmuş, kompleksəmələgəlmənin optimal şəraiti müəyyən olun-muşdur. Reak-siyaların seçiciliyini öyrənmək məqsədilə kompleksəmələgəlmə reaksiyalarına kənar ionların və pərdələyicilərin təsiri öyrənilmişdir. İşlənmiş metodikalar almanın üç növündə (simerenko, fudji, palmet), qarabaşaqda,bananda, ağ çörəkdə, noxudda və buğda kəpəyində dəmirin mikromiqdarının təyini üçün tədbiq edilmişdir.

OKSİDATLAR-TURŞULARI ƏSASINDA OKSİPROPİL EFİRLƏRİNİN SİNTEZİ

İbrahimli S.İ., Qurbanov Q.B., İsmayılova F.V.
Gəncə Dövlət Universiteti
ibrahimlisahil50@gmail.com

Açar sözlər: *Oksipropilləşmə, propilen oksid, oksidat-turşu, SNT, monooksipropil efiri.*

Məqalə oksidləşdirici laboratoriya qurğusunda neft karbohidrogenlərinin atmosfer oksigeni ilə katalitik oksidləşməsindən alınmış oksidatlar-turşuların propilen oksidlə, mürəkkəb ammonium duzlarının iştirakında oksipropilləşməsinə həsr olunmuşdur. Proses adi atmosfer təzyiqində-açıq sistemdə aparılır.

Oksialkil efirləri səthi-aktiv maddələr, plastifikatorlar, həlledicilər və s. kimi kimya sənayesinin çox vacib birləşmələrindən hesab olunur. Bu birəşmələri sintez etmək üçün, bir qayda olaraq, mütəhərrik hidrogen atomlu reagentlərin olefin oksidləri ilə oksialkilləşmə reaksiyalarından istifadə edirlər. Alkilfenollar, çoxkarbonlu alifatik spirt və turşular, eləcə də naften halqalı spirt və turşular bu məqsədlə daha çox tətbiq olunur. Çünki adıçəkilən xammallar əsasında sintez olunan oksialkil efirləri daha geniş tətbiq imkanlarına malik olurlar. Bu sintezlərdə oksialkilləşdirici vasitə kimi, əksər hallarda, olefin oksidlərindən etilen və ya propilen epoksidləri tətbiq olunur. Təcrübi işlərin nəticələri və araşdırılan ədəbiyyat mənbələri göstərmişdir ki, mütəhərrik hidrogen atomlu birləşmələrin olefin oksidləri ilə oksiefirləşmə reaksiyaları mərhələli və paralel reaksiyalardır [1-3]. Buradan o qənaət hasil olur ki, mütəhərrik hidrogen atomlu birləşmələrin oksialkilləşməsi seçici reaksiyalar deyildir. Ona görə də alınan məhsulun tərkibi həmişə seçilən katalizatordan, digər

reaksiya faktorlarından və eləcə də, tətbiq olunan reaksiya üsulundan asılı olur. Azərbaycan alimləri [4-8] alitsiklik turşuların olefin oksidləri ilə oksialkilləşmə reaksiyalarının tədqiqinə dair silsilə işlər çap etdirərək oksialkilləşmə reaksiyalarının aparılma şəraitini işləyib hazırlamış, seçilmiş katalizatorların, eləcə də müxtəlif digər reaksiya faktorlarının reaksiyaların gedişinə təsirlərini araşdırmışlar. Müəlliflər tsiklik turşularla olefin oksidləri arasındakı oksialkilləşmə reaksiyalarının aparılmasını həm germetik reaksiya şəraitində təzyiq altınta [4-9], həm də adi reaksiya kolbasında atmosfer təzyiqi altında [9] işləyib hazırlamışlar. Ədəbiyyatdan anlaşılır ki, təzyiq altında keçirilən oksialkilləşmə reaksiyalarına dair kifayət qədər mənbə mövcuddur, yaxşı öyrənilmişdir. Atmosfer təzyiqində açıq sistemdə alitsiklik turşular və olefin oksidləri arasındakı katalitik oksialkilləşmə reaksiyalarına həsr olunmuş işlər isə olduqca qıttır. Bu isə, həmin işlərin lazımi səviyyədə öyrənilmədiyinə dəlalət edir. Odur ki, təqdim etdiyimiz bu maqalə qeyd olunan boşluğu nisbətən doldurmaq amacı ilə açıq sistemdə alitsiklik turşular və
olefin oksidləri arasındakı katalitik oksialkilləşmə reaksiyalarına həsr olunmuşdur.

Adi atmosfer təzyiqində alitsiklik turşuların oksialkilləşmə reaksiyaları nümunəgötürücü, soyuduculu damcı qıfı, Dina-Stark lovuşkası, əks soyuducu, termometr, fırladıcı və elektrik qızdırıcısı ilə təchiz olunmuş reaktorda aparılır. Prosesin sonunda reaksiya qarışığı reftifikasiya kalonkasında heç bir işlənmə aparmadan əvvəlcə atmosfer, daha sonra isə vakkum fraksiyalaşdırmaya uğradılır və son məhsul əldə olunur. Reaksiyanı aparmaq üçün müəyyən olunmuş miqdarda ilkin alitsiklik turşu və katalizator reaktora yüklənir. Daha sonra müəyyənləşdirilmiş temperatura qədər qızdırmaqla qarışdırılır. Bundan sonra damcı qıfından hesablanmış miqdarda sistemə olefin oksidi damcılarla verilir. Prosesin gedişinə nəzarəti sistemdən götürülmüş nümunənin turşuluq ədədinin azalmasını analiz etməklə edirlər. Burada da, təzyiq altında keçirilən reaksiyalarda olduğu kimi, prosesin sonunda qısamüddətli vakkumlaşdırma aparmaqla olefin oksidinin qalıq miqdarını ayırırlar. Açıq sistemdə aparılan oksialkilləşmə proseslərində, bir qayda olaraq, monooksialkil naftenatlar sintez olunur.

Təqdim etdiyimiz işdə oksialkilləşməyə məruz qoyulan tsiklik turşu qismində naften karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşməsindən əldə olunmuş turşular-oksidatlar istifadə edilmişdir. Neftlərdən ayrılaraq əldə olunan təbii naften turşularının (TNT) kimya sənayesində nə qədər önəmli olduqları məlumdur. Doğrudur, bu turşular individüal birləşmələr deyil. Onların tərkibinin əsas hissəsini beş və altıüzvlü tsiklik turşuların texniki qarışığı təşkil edir. Bu, turşuların yüksək dəyər kəsb etmələri onların malik olduqları unikal xassə və göstəricilərii ilə əlaqələndirilir. Lakin, mədən neftlərinin tərkibindən ayrılaraq istehlak olunan təbii naften turşularının ehtiyatı onlara olan tələbata cavab vermir. Odur ki, hələ keçən əsrin ortalarından təbii naften turşularının tərkibinə yaxın, yeri gələndə onları əvəzləyə bilən birləşmələrin sintetik üsullarla alınması kimyaçıların qarşısında qoyulan əsas məsələlərdən biri olmuşdur.

Oksidləşmə üsulu ilə üzvi karbon turşularının alınması, əksər hallarda, Oksidləşməyə məruz qoyulan substratların atmosfer oksigeni ilə oksidləşdirilməsi ilə həyata keçirilir. İlkin oksidləşmə xammalı kimi naften əsaslı neftlər və ya dizel yanacaqları distillyatının naftenlərlə zəngin orta fraksiyaları tətbiq edildikdə alınan sintetik turşu qarışıqları sintetik naften turşuları (SNT) adlanır.

Oksidləşməyə məruz qoyulan sintetik naften turşularının-beş və altıüzvlü tsiklik turşuların texniki qarışığından ibarət oksidatların alınması karbohidrogenlərin katalitik oksidləşməsi ilə oksidləşdirici laboratoriya qurğularında həyata keçirilir. Oksidləşmə üçün götürülən ilkin xammal, bir qayda olaraq, hidrotəmizlənməyə və hidrogenləşməyə uğradılır. Bu, xammalı saflaşdırmaq və tərkibindəki doymamış komponentlərdən azad etmək məqsədi daşıyır. Qeyd edək ki, göstərilən prosesləri yerinə yetirmədikdə alınan oksidləşmə məhsulunun tərkibi daha çoxkomponentli olur, çünki bu zaman əsas reaksiya olan karbohidrogenlərin katalitik oksidləşmələri ilə yanaşı, yan reaksiyalar (polimerləşmə, epoksidləşmə və s.) da fəallaşır.

Oksidləşmə prosesləri adətən 120-150^{0}C temperatur intervalında manqan və qələvi metal duzlarının katalitik təsiri altında keçirilmişdir. Adıçəkilən metalların naftenatları oksidləşmə prosesinin maksimum çıxımını təmin edən optimal katalizatorlar kimi önə çıxmışlar. Proseslərin sonunda oksidləşmə məhsulu olan sintetik naften turşularınını reaksiya qarışığından ayırmaq üçün atmosfer-vakkum qovulma üsulu tətbiq olunur.

Qarışıqda alınmış fraksiyadakı sabunlaşmayan birləşmələri benzinlə ekstraksiya edirlər. Sonra qələvinin 40%-li məhluli və daha sonra mineral turşu ilə neytral reaksiya alınana qədər işlənir. Yuyulur, qurudulr və qovularaq sintetik turşu fraksiyası ayrılır. Fiziki-kimyəvi xassələri təyin edilir. Qeyd edək ki, əksər hallarda, eyni şəraitdə oksidləşməyə məruz qoyulmuş eyni fraksiyadan alınan oksidləşmə məhsulları fiziki-kimyəvi göstəriciləri sarıdan eyniyyət təşkil etmir. Cüzi fərqlə də olsa, müəyyən xassələrində dəyişkən göstəricilər göstərirlər. Aşağıda bir halda oksidləşməyə məruz qoyulmuş dizel yanacaqları distillyatının naftenlərlə zəngin orta fraksiyasının oksidləşmə məhsulu göstəriciləri təqdim edilir: 124-200^{0}C/2,7. 10^{-4}MPa-qaynama temperaturu, d_4^{20} =0,9617- sıxlıq, n_4^{20} =1,4720-şüasındırma əmsalı, 267,0 mq KOH/q-turşu ədədi Atmosfer təzyiqində-açıq sistemdə naften turşuları və olefin oksidləri arasındakı katalitik oksialkilləşmə reaksiyaları isə nümunəgötürücü, soyuduculu damcı qıfı, Dina-Stark lovuşkası, əks soyuducu, termometr, fırladıcı və elektrik qızdırıcısı ilə təchiz olunmuş reaktorda aparılır. Müəyyən olunmuş miqdarda ilkin naften turşusu və katalizator reaktora yüklənir. Daha sonra müəyyənləşdirilmiş temperatura qədər qızdırmaqla qarışdırılır. Bundan sonra damcı qıfından hesablanmış miqdarda sistemə olefin oksidi damcılarla verilir. Reaksiyanın gedişinə nəzarəti sistemdən götürülmüş nümunənin turşuluq ədədinin azalmasını analiz etməklə edirlər. Burada da, təzyiq altında keçirilən reaksiyalarda olduğu kimi, prosesin sonunda qısamüddətli vakkumlaşdırma aparmaqla olefin oksidinin qalıq miqdarını ayırırlar. Sonra isə reaksiya qarışığı reftifikasiya kalonkasında heç bir işlənmə aparmadan əvvəlcə atmosfer, daha sonra isə vakkum fraksiyalaşdırmaya uğradılır və son məhsul əldə olunur. Açıq sistemdə aparılan oksialkilləşmə proseslərində, bir qayda olaraq, monooksialkil naftenatlar-β-oksipropilnaftenatlar sintez olunur. Sintez edilmiş monoefirlərin fiziki-kimyəvi xassələri təyin edilmiş, tərkib və quruluşları müasir spektroskopik metodlarla təsdiq edilmişdir. Atmosfer təzyiqində aparılan oksialkilləşmə reaksiyaları mürəkkəb ammonium duzlarının katalitik iştirakı ilə keçirilmişdir. Reaksiyalarda ammonium duzlarından ammonim rodonid (NH_4CNS) və dəmirammonium kvası (MH_4Fe $(SO_4)_2$) tətbiq edilmişdir. Bu katalizatorlar özlərini alitsiklik turşuların monooksipropil efirlərinini sintez etmək üçün yüksək seçiciliyə malik katalizatorlar kimi göstərmişlər.

Açıq sistemdə oksialkilləşmə reaksiyalarının digər parametrləri də tədqiq olunaraq optimal göstəricilər müəyyən edilmişdir:50-65 ^{0}C optimal reaksiya temperaturu, ilkin oksidat-turşuya görə 2-2,5% q/kütlə optimal katalizator miqdarı, 120-180 dəqiqə optimal reaksiya vaxtı, oksidat-turşunun npropilen oksidə 1:1-1,2 nisbəti optimal mol münasibəti sayılmışdır.

Cədvəl 1.

Atmosfer təzyiqində aparılan oksialkilləşmə reaksiyalarında NH_4CNS və $MH_4Fe(SO_4)_2$ katalizatorlarının iştirakı ilə alınan nəticələr.

Katalizatorun formulu	Turşu-oksidat: propilen oksid	Alınan məhsullar, kütlə %			
		Turşu-oksidatın monooksi-propil efiri	Turşu-oksidatın polioksi-propil efiri	Sərbəst polioksi-propil efiri	Oksipropil diturşu-oksidat efiri
NH_4CNS	1:1 1:1,5	92 94	2,6 2,2	2,7 1,6	2,3 1,2
$MH_4Fe(SO_4)_2$	1:1 1:1,5	98 99	1,2 0,3	0,3 0,4	0,1 0,1

Cədvəlin analizi göstərmişdir ki, atmosfer təzyiqində aparılan oksialkilləşmə reaksiyalarında mürəkkəb ammonium duzlarından ammonim rodonidə (NH_4CNS) nisbətən dəmirammonium kvası ($MH_4Fe(SO_4)_2$) daha aktiv katalitik təsirə malikdir, daha yüksək seçicilik nümayiş etdirir.

ƏDƏBİYYAT

1. Англии 1119897.Способ получения моноэфиров гликоля. //Rutkowski Alfred John, Coopersmilt Muron-Опубл. в РЖХим. 1969. 11Н86П.

2. Швец. В.Ф., Трушин А.М., Лебедев Н.Н. Кинетика реакции оксиетилирования стеариновой кис. и состав образующихся прод.//Ж.прикл.хим,1972,-45,№4,с.829-834.

3. Косенко Р.Ю., Николаева Н.М. Влияание условия оксиэтилирования синтетических жтрных кислот на их состав. – М., 1977, -5 с. Рукопись деп. В ЦНИИТЕ нефтехим, 6 мая. 1977. №11, Д. 429.

4. Зейналов Б.К.,Ибрагимов С.И., Зейналов С.Б. Исследование реакции оксиэтилировние индивидуальных нафтеновых кислот. //Доклады АН Азерб. ССР. -1989. -№11. –С.47-51.

5. А.С. СССР №1680687, МКИ С07С 67/04, 64/75. Способ полученя β-oksiэтиловых эфиров циклогексенкарбоновых кислот. / Зейналов Б.К., Ибрагимов С.И., Зейналов С.Б. -Опубл. в Б.И. 1991. -№36.

6. İbrahimli S.İ., İbrahimova G.H., Nəbiyeva M.Ə., Məmmədbəyli E.H.Norbornen karbon turşularının polioksialkil efirlərinin sintezi və tədqiqi. I Beynəlxalq Kimya və Kimya mühəndisliyi konfransının materialları. Bakı, 17-21 aprel, 2013. səh.38.

7. Məmmədov E.İ., İbrahimli S.İ., Məmmədbəyli E.H., Qurbanov Q.B. Tsiklopentadien, alkilen oksidləri və “MJK” əsasında dien sintezi və oksialkilləşmə reaksiyaları.VIII Beynəlxalq Bakı Məmmədəliyev konfransının materialları. 2-6 oktyabr, 2012. səh. 190-192.

8. İbrahimli S.İ., İsmayılova A.Q., Həsənova A.M. Doymuş altıüzvlü tsiklik karbon turşusunun oksipropilləşməsi. “Təbiət və sosial elmləri sahəsində qlobal çağırışlar”. Beynəlxalq elmi konfrans, Gəncə Dövlət Universiteti, 23-24 may 2025, səh. 93-95.

9. Ибрагимов С.И., Садиева Н.Ф., Джафарова Н.А. Исследование продуктов реакции взаимодействия циклогекс-3-енкарбоновых кислот.// Молодых ученых ИНХП АН Азербайджана.:Тез.докл.-Баку. 1992.

OKSİDAT-TURŞU OKSİPROPİL EFİRLƏRİNİN SİNTEZİNDƏ MÜHÜM REAKSİYA FAKTORLARININ TƏDQİQİ

İbrahimli S. İ., İsmayılova F. V., Həsənova A.M.
Gəncə Dövlət Universiteti
ibrahimlisahil50@gmail.com

Açar sözlər: *oksipropilləşmə, propilen oksid, oksidat-turşu, SNT, monooksipropil efiri.*

Məqalə oksidləşdirici laboratoriya qurğusunda neft karbohidrogenlərinin atmosfer oksigeni ilə katalitik oksidləşməsindən alınmış oksidatlar-turşuların propilen oksidlə, mürəkkəb ammonium duzlarının iştirakında oksipropilləşməsinə həsr olunmuşdur. Proses adi atmosfer təzyiqində-açıq sistemdə aparılır.

Oksialkil efirləri səthi-aktiv maddələr, plastifikatorlar, həlledicilər və s. kimi kimya sənayesinin çox vacib birləşmələrindən hesab olunur. Bu birəşmələri sintez etmək üçün, bir qayda olaraq, mütəhərrik hidrogen atomlu reagentlərin olefin oksidləri ilə oksialkilləşmə reaksiyalarından istifadə edirlər. Alkilfenollar, çoxkarbonlu alifatik spirt və turşular, eləcə də naften halqalı spirt və turşular bu məqsədlə daha çox tətbiq olunur. Çünki adıçəkilən xammallar əsasında sintez olunan oksialkil efirləri daha geniş tətbiq imkanlarına malik olurlar. Bu sintezlərdə oksialkilləşdirici vasitə kimi, əksər hallarda, olefin oksidlərindən etilen və ya propilen epoksidləri tətbiq olunur. Təcrübi işlərin nəticələri və araşdırılan ədəbiyyat mənbələri göstərmişdir ki, mütəhərrik hidrogen atomlu birləşmələrin olefin oksidləri ilə oksiefirləşmə reaksiyaları mərhələli və paralel reaksiyalardır [1-3]. Buradan o qənaət hasil olur ki, mütəhərrik hidrogen atomlu birləşmələrin oksialkilləşməsi seçici reaksiyalar deyildir. Ona görə də alınan məhsulun tərkibi həmişə seçilən katalizatordan, digər reaksiya faktorlarından və eləcə də, tətbiq olunan reaksiya üsulundan asılı olur. Azərbaycan alimləri [4-8] alitsiklik turşuların olefin oksidləri ilə oksialkilləşmə reaksiyalarının tədqiqinə dair silsilə işlər çap etdirərək oksialkilləşmə reaksiyalarının aparılma şəraitini işləyib hazırlamış, seçilmiş katalizatorların, eləcə də müxtəlif digər reaksiya faktorlarının reaksiyaların gedişinə təsirlərini araşdırmışlar. Müəlliflər tsiklik turşularla olefin oksidləri arasındakı oksialkilləşmə reaksiyalarının aparılmasını həm germetik reaksiya şəraitində təzyiq altında [4-9], həm də adi reaksiya kolbasında atmosfer təzyiqi altında [9] işləyib hazırlamışlar.

Ədəbiyyatdan anlaşılır ki, təzyiq altında keçirilən oksialkilləşmə reaksiyalarına dair kifayət qədər mənbə mövcuddur, yaxşı öyrənilmişdir. Atmosfer təzyiqində-açıq sistemdə alitsiklik turşular və olefin oksidləri arasındakı katalitik oksialkilləşmə reaksiyalarına həsr olunmuş işlər isə olduqca qıttır. Bu isə, həmin işlərin lazımi səviyyədə öyrənilmədiyinə dəlalət edir. Odur ki, təqdim etdiyimiz bu maqalə qeyd olunan boşluğu nisbətən doldurmaq amacı ilə açıq sistemdə alitsiklik turşular və olefin oksidləri arasındakı katalitik oksialkilləşmə reaksiyalarına həsr olunmuşdur.

Adi atmosfer təzyiqində alitsiklik turşuların oksialkilləşmə reaksiyaları nümunə götürücü, soyuduculu damcı qıfı, Dina-Stark lovuşkası, əks soyuducu, termometr, fırladıcı və

elektrik qızdırıcısı ilə təchiz olunmuş reaktorda aparılır. Prosesin sonunda reaksiya qarışığı reftifikasiya kalonkasında heç bir işlənmə aparmadan əvvəlcə atmosfer, daha sonra isə vakkum fraksiyalaşdırmaya uğradılır və son məhsul əldə olunur. Reaksiyanı aparmaq üçün müəyyən olunmuş miqdarda ilkin alitsiklik turşu və katalizator reaktora yüklənir. Daha sonra müəyyənləşdirilmiş temperatura qədər qızdırmaqla qarışdırılır. Bundan sonra damcı qıfından hesablanmış miqdarda sistemə olefin oksidi damcılarla verilir. Prosesin gedişinə nəzarəti sistemdən götürülmüş nümunənin turşuluq ədədinin azalmasını analiz etməklə edirlər. Burada da, təzyiq altında keçirilən reaksiyalarda olduğu kimi, prosesin sonunda qısamüddətli vakkumlaşdırma aparmaqla olefin oksidinin qalıq miqdarını ayırırlar. Açıq sistemdə aparılan oksialkilləşmə proseslərində, bir qayda olaraq, monooksialkil naftenatlar sintez olunur.

Təqdim etdiyimiz işdə oksialkilləşməyə məruz qoyulan tsiklik turşu qismində naften karbohidrogenlərinin katalitik oksidləşməsindən əldə olunmuş turşular-oksidatlar istifadə edilmişdir. Neftlərdən ayrılaraq əldə olunan təbii naften turşularının (TNT) kimya sənayesində nə qədər önəmli olduqları məlumdur. Doğrudur, bu turşular individüal birləşmələr deyil. Onların tərkibinin əsas hissəsini beş və altıüzvlü tsiklik turşuların texniki qarışığı təşkil edir. Bu, turşuların yüksək dəyər kəsb etmələri onların malik olduqları unikal xassə və göstəricilərii ilə əlaqələndirilir. Lakin, mədən neftlərinin tərkibindən ayrılaraq istehlak olunan təbii naften turşularının ehtiyatı onlara olan tələbata cavab vermir. Odur ki, hələ keçən əsrin ortalarından təbii naften turşularının tərkibinə yaxın, yeri gələndə onları əvəzləyə bilən birləşmələrin sintetik üsullarla alınması kimyaçıların qarşısında qoyulan əsas məsələlərdən biri olmuşdur. Oksidləşmə üsulu ilə üzvi karbon turşularının alınması, əksər hallarda, oksidləşməyə məruz qoyulan substratların atmosfer oksigeni il oksidləşdirilməsi ilə həyata keçirilir. İlkin oksidləşmə xammalı kimi naften əsaslı neftlər və ya dizel yanacaqları distillyatının naftenlərlə zəngin orta fraksiyaları tətbiq edil-dikdə alınan sintetik turşu qarışıqları sintetik naften turşuları (SNT) adlanır.

Oksidləşməyə məruz qoyulan sintetik naften turşularının-beş və altıüzvlü tsiklik turşuların texniki qarışığından ibarət oksidatların alınması karbohidrogenlərin katalitik oksidləşməsi ilə oksidləşdirici laboratoriya qurğularında həyata keçirilir. Oksidləşmə üçün götürülən ilkin xammal, bir qayda olaraq, hidrotəmizlənməyə və hidrogenləşməyə uğradılır. Bu, xammalı saflaşdırmaq və tərkibindəki doymamış komponentlərdən azad etmək məqsədi daşıyır. Qeyd edək ki, göstərilən prosesləri yerinə yetirmədikdə alınan oksidləşmə məhsulunun tərkibi daha çoxkomponentli olur, çünki bu zaman əsas reaksiya olan karbohidrogenlərin katalitik oksidləşmələri ilə yanaşı, yan reaksiyalar (polimerləşmə, epoksidləşmə və s.) da fəallaşır. Atmosfer təzyiqində-açıq sistemdə naften turşuları və olefin oksidləri arasındakı katalitik oksialkilləşmə reaksiyaları isə nümunəgötürücü, soyuduculu damcı qıfı, Dina-Stark lovuşkası, əks soyuducu, termometr, fırladıcı və elektrik qızdırıcısı ilə təchiz olunmuş reaktorda aparılır.

Müəyyən olunmuş miqdarda ilkin naften turşusu və katalizator reaktora yüklənir. Daha sonra müəyyənləşdirilmiş temperatura qədər qızdırmaqla qarışdırılır. Bundan sonra damcı qıfından hesablanmış miqdarda sistemə olefin oksidi damcılarla verilir. Reaksiyanın gedişinə nəzarəti sistemdən götürülmüş nümunənin turşuluq ədədinin azalmasını analiz etməklə edirlər. Burada da, təzyiq altında keçirilən reaksiyalarda olduğu kimi, prosesin sonunda qısamüddətli vakkumlaşdırma aparmaqla olefin oksidinin qalıq miqdarını ayırırlar.

Sonra isə reaksiya qarışığı reftifikasiya kalonkasında heç bir işlənmə aparmadan əvvəlcə atmosfer, daha sonra isə vakkum fraksiyalaşdırmaya uğradılır və son məhsul əldə olunur. Açıq sistemdə aparılan oksialkilləşmə proseslərində, bir qayda olaraq, monooksialkil naftenatlar-β-oksipropilnaftenatlar sintez olunur. Sintez edilmiş monoefirlərin fiziki-kimyəvi xassələri təyin edilmiş, tərkib və quruluşları müasir spektroskopik metodlarla təsdiq edilmişdir.

Atmosfer təzyiqində aparılan oksialkilləşmə reaksiyaları mürəkkəb ammonium duzlarının katalitik iştirakı ilə keçirilmişdir. Reaksiyalarda ammonium duzlarından ammonim rodonid (NH_4CNS) və dəmirammonium zəyi ($MH_4Fe(SO_4)_2$) tətbiq edilmişdir. Bu katalizatorlar özlərini alitsiklik turşuların monooksipropil efirlərinini sintez etmək üçün yüksək seçiciliyə malik katalizatorlar kimi göstərmişlər.

Turşu-oksidatların propilen oksidlə reaksiyalarında optimal miqdarı müəyyən etmək üçün, ilkin olaraq başlanğıc komponentlərin mol nisbətləri tədqiq olunmuşdur. Tədqiqatdan alınmış göstəricilər cədvəl şəklində (**Cədvəl 1**) təqdim olunur.

Cədvəlin analizi göstərir ki, oksidat-turşunun propilen oksidə 1:1-1,2 nisbəti optimal mol münasibəti sayılmalıdır.

Açıq sistemdə oksialkilləşmə reaksiyalarının optimal temperaturunu müəyyən etmək məqsədilə temperatur rejimi 30-90^0 C intervalında dəyişdirilərək göstəricilər qeydə alınmışdır və cədvəldə (**Cədvəl 2**) verilir.

Cədvəl 1.

Turşu-oksidatların propilen oksidə mol nisbətləri tədqiqindən alınan göstəricilər

Katalizatorun formulu	Turşu-oksidat: propilen oksid	Alınan məhsullar, kütlə %			
		Turşu-oksidatın monooksi-propil efiri	Turşu-oksidatın polioksipropil efiri	Sərbəst polioksi-propil efiri	Oksipropil diturşu-oksidat efiri
NH_4CNS	1: 0,5	47	0,3	0,2	1,4
	1:1,0	92	2,6	2,7	2,3
	1:1,5	94	2,2	1,6	1,2
	1:2,0	94	3,8	2,1	0,9
$NH_4Fe(SO_4)_2$	1: 0,5	49	02	0,3	1,1
	1:1,0	98	1,2	0,3	0,1
	1:1,5	99	0,3	0,4	0,1
	1:2,0	99	2,8	2,0	1,2

Cədvəl 2

Turşu-oksidatların propilen oksidlə reaksiyasının temperatur göstəriciləri.

Katalizatorun formulu	Reaksiyanın temperatur rejimi, ^{0}C	Alınan məhsullar, kütlə %			
		Turşu-oksidatın monooksi-propil efiri	Turşu-oksidatın polioksi-propil efiri	Sərbəst polioksi-propil efiri	Oksipropil diturşu-oksidat efiri

NH_4CNS	30	-	-	-	-
	50	92	2,4	2,3	2,0
	70	78	2,3	7,6	4,2
	90	48	3,8	13,5	4,9
$MH_4Fe(SO_4)_2$	30	-	-	-	-
	50	98	1,1	1,3	2,1
	70	79	1,3	2,4	5,1
	90	49	2,9	12,2	5,2

Cədvəlin incələnməsi göstərir ki, oksidat-turşunun propilen oksidlə optimal reaksiya temperaturu 50-65 ^{0}C-dir. Açıq sistemdə oksialkilləşmə reaksiyalarının mühüm parametrlədindən biri də tətbiq olunan katalizatorun qatılığıdır. Bu faktoru müəyyən etmək məqsədilə ilkin oksidat-turşuya görə tətbiq olunan katalizatorun miqdarı dəyişdirilərək alınam nəticələr qeyd olunmuşdur və cədvəldə (**Cədvəl 3**) yerləşdirilmişdir.

Cədvəl 3.

Turşu-oksidatların propilen oksidlə reaksiyasına katalizator qatılığının təsiri.

Katalizatorun formulu	Katalizatorun qatılığı, q/kütlə %	Alınan məhsullar, kütlə %			
		Turşu-oksidatın monooksi-propil efiri	Turşu-oksidatın polioksi-propil efiri	Sərbəst polioksi-propil efiri	Oksipropil diturşu-oksidat efiri
NH_4CNS	1,5	78	1,7	0,8	1,3
	2,0	91	2,0	2,1	2,2
	2,5	92	2,3	2,0	1,2
	3,0	86	2,8	1,5	5,9
$NH_4Fe(SO_4)_2$	1,5	79	1,4	1,5	1,9
	2,0	97	1,0	1,3	2,1
	2,5	98	1,1	2,4	5,1
	3,0	90	2,3	2,2	5,2

Cədvəl 3-ün analizi sayəsində müəyyən edilmişdir ki, açıq sistemdə oksialkilləşmə reaksiyalarının mühüm parametrlədindən biri hesab olunan katalizatorun qatılığının ilkin oksidat-turşuya görə ən optimal miqdarı 2-2,5% q/kütlə təşkil edir. Turşu-oksidatların propilen oksidlə reaksiyasına zamanın təsiri də öyrənilmişdir. Bunun üçün 60-240 dəq. intervalında hər 60 dəq. bir nəticələr qeydə alınaraq Cədvəl 4-də verilmişdir.

Cədvəl 4

Turşu-oksidatların propilen oksidlə reaksiyasına zamanın təsiri

Kat. formulu	Reaksiya vaxtı, dəqiqə	Alınan məhsullar, kütlə %			
		Turşu-oksidatın monooksi-propil efiri	Turşu-oksidatın polioksi-propil efiri	Sərbəst polioksi-propil efiri	Oksipropil diturşu-oksidat efiri
NH_4CNS	60	18	1,9	1,8	1,9
	120	92	2,1	2,2	2,2
	180	92	2,3	1,4	1,3
	240	91	2,8	1,5	3,9
$MH_4Fe(SO_4)_2$	60	21	1,4	0,5	0,7
	120	98	0,3	0,3	0,1
	180	98	0,1	0,4	1,1
	240	90	2,3	1,2	2,2

Cədvəli təhlil edərək görmək olur ki, 120-180 dəqiqə optimal reaksiya vaxtıdır,

Cədvəllərin müqayisəli analizlərindən o qənaət də hasil olur ki, atmosfer təzyiqində aparılan oksialkilləşmə reaksiyalarında mürəkkəb ammonium duzlarından ammonim rodonidə (NH_4CNS) nisbətən dəmirammonium zəyi ($MH_4Fe(SO_4)_2$) daha aktiv və seçicidir. Bu səbəbdən o, daha effektli katalizator hesab olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Англии 1119897.Способ получения моноэфиров гликоля. //Rutkowski Alfred John, Coopersmilt Muron-Опубл. в РЖХим. 1969. 11Н86П.
2. Швец. В.Ф., Трушин А.М., Лебедев Н.Н. Кинетика реакции оксиетилирования стеариновой кис. и состав образующихся продук.//Ж.прикл.химия,1972,45, №4, с.829-834.
3. Косенко Р.Ю., Николаева Н.М. Влияание условия оксиэтилирования синтетических жтрных кислот на их состав. – М., 1977, -5 с. Рукопись деп. В ЦНИИТЕ нефтехим, 6 мая. 1977. №11, Д. 429.
4. Зейналов Б.К.,Ибрагимов С.И., Зейналов С.Б. Исследование реакции оксиэтилировние индивидуальных нафтеновых кислот. //Доклады АН Азерб. ССР. -1989. -№11. –С.47-51.
5. А.С. СССР №1680687, МКИ С07С 67/04, 64/75. Способ полученя β-oksiэтиловых эфиров циклогексенкарбоновых кислот. / Зейналов Б.К., Ибрагимов С.И., Зейналов С.Б. -Опубл. в Б.И. 1991. -№36.
6. İbrahimli S.İ., İbrahimova G.H., Nəbiyeva M.Ə., Məmmədbəyli E.H.Norbornen karbon turşularının polioksialkil efirlərinin sintezi və tədqiqi. I Beynəlxalq Kimya və Kimya mühəndisliyi konfransının materialları. Bakı, 17-21 aprel, 2013. səh.38.
7. Məmmədov E.İ., İbrahimli S.İ., Məmmədbəyli E.H., Qurbanov Q.B. Tsiklopentadien, alkilen oksidləri və “MJK” əsasında dien sintezi və oksialkilləşmə reaksiyaları. VIII Beynəlxalq Bakı Məmmədəliyev konfransının mat. 2-6 oktyabr, 2012. səh. 190-192.
8. İbrahimli S.İ., İsmayılova A.Q., Həsənova A.M. Doymuş altıüzvlü tsiklik karbon turşusunun oksipropilləşməsi. “Təbiət və sosial elmləri sahəsində qlobal çağırışlar”. Beynəlxalq elmi konfrans, Gəncə Dövlət Universiteti, 23-24 may 2025, səh. 93-95.
9. Ибрагимов С.И., Садиева Н.Ф., Джафарова Н.А. Исследование продуктов реакции взаимодействия циклогекс-3-енкарбоновых кислот.// Молодых ученых ИНХП АН Азербайджана.:Тез.докл.-Баку. 1992.

ÜZVİ SİNTEZDƏ TƏDQİQ OLUNAN SİNTETIK REAKSİYALAR

Mehdiyeva S.T., İmamquliyeva S.E.
Gəncə Dövlət Universiteti

Açar sözlər: *Üzvi sintez, şablon və matris sintezləri, templat və domin o reaksiyaları, sintetik reaksiyaları.*

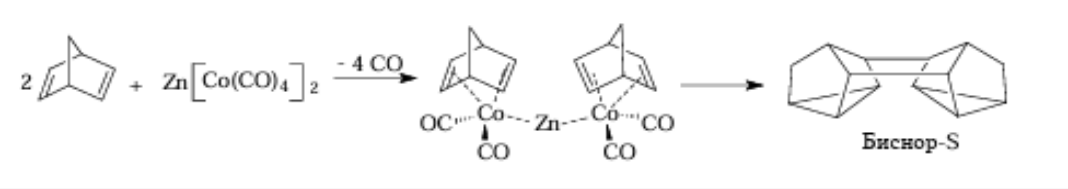
Ключевые слова: *Органический синтез, темплатный и матричный синтез, темплатные и домино-реакции, синтетичесреакции.*

Key words: *Organic synthesis, template and matrix synthesis, template and domino reactions, synthetic reactions.*

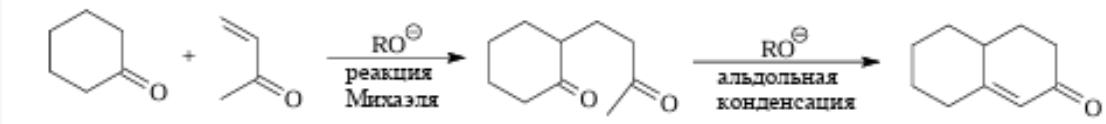
Hazırki dövrdə üzvi birləşmələrin sayı və onların sintez üsulları sürətlə artmışdır. Getdikcə daha çox yeni reagentlər, qeyri-adi həlledicilər və kimyəvi reaksiyalar üçün şərait və s. sintez reaksiyalarının mexanizmlərinin daha dərindən öyrənilməsinə səbəb olur.

Son zamanlar prinsipcə yeni sintetik yanaşmalar, məsələn, şablon və matris sintezləri, templat və domino reaksiyaları işlənib hazırlanmışdır.

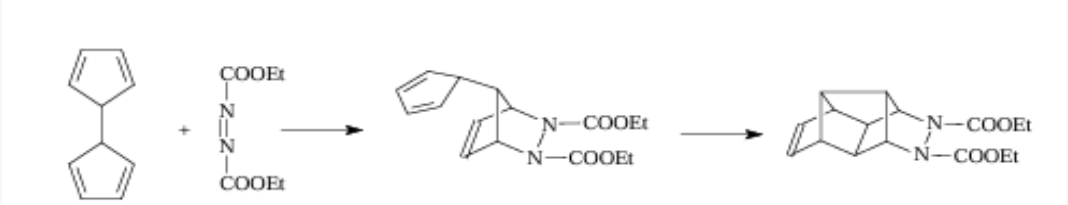
Templat (“template” ingiliscədən şablon deməkdir) sintez reaksiyaya daxil olan molekulların struktur qurluşuna əsaslanır, adətən metal ionu və ya metalüzvi birləşmə ilə kompleks əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. Belə sintezin nümunəsi aşağıda verilmişdir.



Tandem reaksiyaları reaksiya şəraitində ilkin əmələ gələn məhsulların struktur xüsusiyyətlərinin sonrakı çevrilmələrinin baş verməsinə kömək etdiyi reaksiyalardır. Tandem reaksiyasına misal Robinson reaksiyasıdır.



Tandem reaksiyasının xüsusi bir variantı "domino" reaksiyasıdır. Bu reaksiyada birinci mərhələdə substratda funksional qrup əmələ gəlir ki, o da ikinci mərhələdə yeni funksional qrupa formalaşmalaşır və üçüncü mərhələdə iştirak edir və s.



Hazırda üzvi kimyada bir çox sintetik üsullar məlumdur. Bununla belə nə bu nə də digər açıqlamalar üzvi reaksiyaların bütün müxtəlifliyini, müəyyən bir transformasiyanı həyata keçirmək üçün istifadə olunan bütün üsulların müəyyən bir birləşməyə tətbiq oluna biləcəyi halları əhatə edə bilməz.

СИНТЕТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ИЗУЧАЕМЫЕ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Мехтиева С.Т., Имамкулиева С.Е.

Резюме

Синтез органических соединений интенсивно развивается. При этом, естественно, стремительно растёт число известных органических соединений и методов их синтеза: появляются всё новые реагенты, необычные растворители и условия проведения химических реакций и т. д.

SYNTHETIC REACTIONS STUDIED IN ORGANIC SYNTHESIS

Mekhtieva S.T., Imamkulieva S.E.

Summary

Synthesis of organic compounds develops intensively. At the same time, of course, the number of known organic compounds and methods of their synthesis is growing rapidly: all new reagents, unusual solvents and conditions for conducting chemical reactions, etc. d.

BİOLOJİ SİSTEMLƏRDƏ ALDOL KONDENSULƏŞMƏSU

Mehdiyeva S.T., İmamquliyeva S.E.
Gəncə Dövlət Universiteti PHŞ

Açar sözlər: *Aldol reaksiyaları, aldolaza, karbohidtar mübadiləsi, xiral mərkəz.*
Ключевые слова: *Альдольные реакции, альдолаза, углеводный обмен, хиральный центр*
Key words: *Aldol reactions, aldolase, carbohydrate metabolism, chiral center*

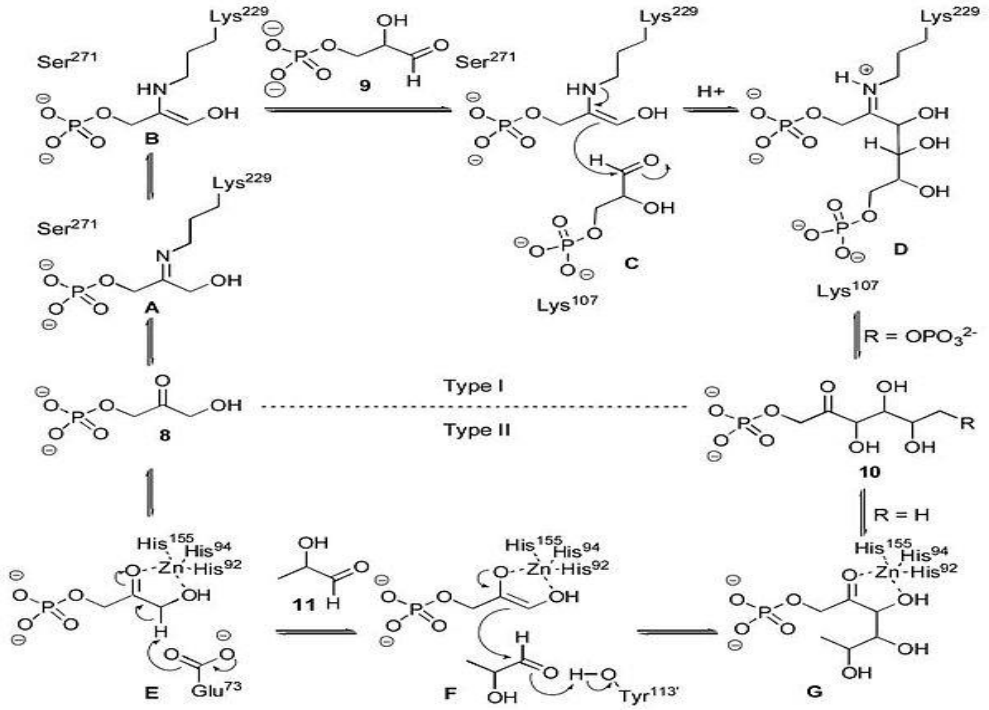
Bioloji aldol reaksiyalar bir çox metabolik yollarda baş verir, lakin həmin reaksiyalar ən çox karbohidrat mübadiləsində iştirak edir, burada aldolazlar liyazlar sinfinə aid fermentlər tərəfindən kataliz edilir.

Mexaniki olaraq bu kataliz iki şəkildə baş verir. I tip aldolazlara əsasən ali bitki və heyvanlarda rast gəlinir. Onlar bir enamin mexanizmi ilə hərəkət edirlər, bunun sayəsində fermentin lizin qalığı aktiv sahədə enamin B yaradır. Daha sonra enamin aldehidə (C) hücum edərək D əlavəsini əmələ gətirir. Hidrolizdən sonra aldol əmələ gəlir. II tip aldolazlar bakteriya və göbələklərdə olur və Zn2+ ionundan kofaktor kimi istifadə edirlər. Bu ion homotetramerik zülalın iki alt bölməsi arasında yerləşir və iki oksigen atomu ilə bidentat koordinasiyası və nukleofil endiolyatın (F) əmələ gəlməsi ilə metilen komponentini aktivləşdirir. Aldolaza da hidrogen rabitəsi vasitəsilə karbonil komponentini aktivləşdirir. Enolyat karbonil komponentinə hücum etdikdən sonra kompleks parçalanır və aldol əmələ gəlir.

Həm aldol, həm də yenidən-aldol reaksiyaları karbohidrat mübadiləsi yollarının bir hissəsidir: hər iki reaksiya hüceyrənin ehtiyaclarından asılı olaraq şəkərlərin yaradılması və ya məhv edilməsində iştirak edə bilər. Beləliklə, qlükoza biosintezinin (qlükoneogenez) mərhələlərinin ardıcıllığına nukleofil kimi çıxış edən dihidroksiasetonfosfat və fruktoza-1,6-difosfat əmələ gəlməsi ilə qliseraldehid-3-fosfat (elektrofil) reaksiyası daxildir. Bu reaksiya həm də aldolaza tərəfindən katalizlənir və substratlarda funksional qrupların bolluğuna baxmayaraq, regioselektiv şəkildə davam edir. Glikoliz zamanı əks reaksiya baş verir ki, bu da mahiyyətcə retro-aldol reaksiyasıdır.

Aldolazaların təsir mexanizmi eyni prinsiplə işləyən yeni aşağı molekullu katalizatorların axtarışını da stimullaşdırır, lakin üstünlük təşkil edən yanaşma ayrı bir mərhələdə enolyatın istehsalı olaraq qalır.

Aldol reaksiyası təbii birləşmələrin sintezində ən vacib reaksiyalardan biridir. Bu məqsədyönlü şəkildə xiral mərkəzlər yaratmaq qabiliyyəti ilə bağlıdır. Bundan əlavə təbii birləşmələrin, poliketidlərin bütün sinfinə 1,3-oksigen tərkibli fraqmentlər daxildir, buna görə də aldol reaksiyası onların sintezində əsas rol oynayır.



АЛЬДОЛЬНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Мехтиева С.Т., Имамкулиева С.Е.

Резюме

Альдольные реакции встречаются во многих метаболических путях, но наиболее распространены они в углеводном обмене, где альдолазы катализируются ферментами, относящимися к классу лиаз.

Альдолаза также активирует карбонильную группу посредством водородных связей. После атаки енолята на карбонильную группу комплекс разрушается и образуется альдольная группа.

ALDOL CONDENSATION IN BIOLOGICAL SYSTEMS

Mekhtieva S.T., Imamkulieva S.E.

Summary

Aldol reactions occur in many metabolic pathways, but are most common in carbohydrate metabolism, where aldolases are catalyzed by enzymes belonging to the lyase class. Aldolase also activates the carbonyl group through hydrogen bonding. After the enolate attacks the carbonyl group, the complex is broken down and an aldol group is formed.

MEDICAL SIGNIFICANCE OF SOME SPECIES OF THE GENUS CENTAUREA (ASTERACEAE DUMORT.), STUDY OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF THE CENTAUREA PHRYGIA SUBSP. PHRYGIA BY Gas-CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY METHOD

[1]AleskerovaA.N., [1]Huseynova A.Y., [2]JahangirovaI.R., [3]Zeynalova S.V.
Institute of Botany, MSERA, [2]Azerbaijan Medical University, [3]Gəncə State University
adilaalasgarova3@gmail.com

Keywords: *Centaurea, Centaurea phrygia subsp. phrygia, sesquiterpene lactone, steroid coumarin, cnicin, isoalantolactone, β-sitosterol, esculetin, scopoletin, α-santonin, Gas-Chromatography-Mass-Spectrometry.*

Relevance of the topic:

The flora of Azerbaijan is distinguished by its richness in the number of species in the flora of the Caucasus. However, the potential of this resource is not effectively used to meet the needs of the healthcare.

Abstract

Tincture of the roots of *Centaurea phrygia subsp. phrygia* has been found to be beneficial in the treatment of many slow-healing skin diseases, and lactones obtained from the aboveground part have antiseptic and insecticidal properties.

Centaurea L. species are used in the treatment of many diseases, including oncological, cardiovascular, central nervous system, digestive system, urinary system, vitiligo and etc. With regards to the biologically active substances obtained from plants, coumarin derivatives, sesquiterpene lactones, and steroids plays an important role in folk medicine.

In Chinese folk medicine, the infusion of leaves and fruits is used to treat headaches and toothaches, as well as as an anthelmintic and for bronchial asthma, and in Indian folk medicine is used to treat the central nervous system. After the pharmacological studies of the coumarin derivatives that obtained by I.G. Heydarov, he proposed their addition to the herbal medicines [15].

The flowers of *C. cyanus* and *C. incana* have been used since ancient times as a choleretic and diuretic, while the aerial part of *C. repens* has been used for nervous diseases and helps regenerating the soft brain tissues. [24,38].

Substances obtained from the *Centaurea ovina* Pall. ex Willd. plant are used in folk medicine and in medicine to treat a number of diseases - lactones, ursolic acid, steroids, flavonoids, aldehydes obtained from the aerial part of the plant are used against headaches, toothaches, bronchial asthma, and malignant tumors, and coumarins obtained from its flowers are used to treat heart and kidney diseases, and are characterized by their central nervous system stimulating, analgesic, wound healing, and diuretic properties. Since ancient times, Chinese medicine has used tincture against Malaria as an invaluable medicine, for example, having a curative effect against malignant tumors the plant-derived substances such as sesquiterpene lactones, coumarins, etc. are used in medical preparations. A drug generated based on the sesquiterpene lactone arglabine, obtained from the *Artemisia glabella* species, is widely used in medical practice for the treatment of breast cancer. (Nikonov, 1959, Kuznetsova, 1967, Rybalko, 1978, Abishev, 2003, Sirota, 2004) [12, 28, 31, 18, 35].

Introduction

Worldwide, there are 700 species of the genus *Centaurea* L. (*Asteraceae* Dumort). In Azerbaijan, the genus Centaurea, which belongs to the family Asteraceae (Asteraceae Barcht.et J.Presl) (=Compositae Giseke), has 29 species. According to the latest literature data, it is represented by 49 species, which are used in medicine, in many industries as a fodder plant, in beekeeping, and as a dye plant (to obtain red and yellow colors) [13].

Coumarin derivatives are widely distributed in plant species from the families of Apiaceae, Fabaceae, and Rutaceae. According to the data of Pimenov M.G. and A.Z. Abishev,

coumarin derivatives and more than 4500 sesquiterpene lactones have been identified in more than 1626 plant species belonging to 134 families and 568 genera worldwide [7, 12 ,18]. Biologically active substances obtained from *Centaurea phrygia subsp. phrygia* have been identified by matching with known substances obtained from various genera of the *Asteraceae* family.

Recently, more than 40 effective medicies have been created based on coumarin derivatives and sesquiterpenes that are used in medical practice to treat various diseases.

Plants containing coumarins have been used in folk medicine since ancient times. For example, the ethanolic extract of the roots of the *Pencedanum ostruthicum* (L.) C.Koch is used in the treatment of chronic digestive disorders, typhus, fevers and etc. The extract of the root of *Prango pabullaria* is used as a diuretic and also in veterinary medicine. Coumarin derivatives are still on trend with their anticoagulant, analgesic, pressor and etc. properties [28, 28, 26]. The roots, leaves, stems and flowers of the Centaurea phrygia subsp. phrygia are used for obtaining the secondary metabolites - sesquiterpene lactones, coumarins, flavonoids, anthocyanins and tannins. Its extracts and aqueous infusions are used in folk medicine for jaundice, headache, eye diseases, wound healing, diuretic, anti-allergic, anti-malignant, kidney stone removal, and many slow-healing skin diseases [32,33, 26].

Centaurea phrygia subsp. phrygia tincture is used in folk medicine as an antibacterial, lactones obtained from the aerial part are used in the treatment of diarrhea, and due to tincture's antiseptic and insecticidal properties its used in medicine for the treatment of many diseases

Our research provides information on the chemical composition and medical significance of some species of the genus *Centaurea*. The sesquiterpene lactone and coumarin derivatives of the aerial part of *Centaurea acmohpylla* Boiss. were studied. The total extractive substances obtained from the plant material were examined by column chromatography, and 2 substances were individually isolated, and the IR spectrum of the substance was identified by that of cnicin. Chemical formula of the substance is $C_{20}H_{26}O_7$, melting point is 143°C., cnicin a germacrane-type sesquiterpene lactone, IR spectra 3500, 1770, 1670, 1640, 1620 cm^{-1}, the IR spectrum of the second substance is identical to that of scopoletin. Chemical formula of the scopoletin (6-methoxy-7 coumarin) is $C_{10}H_8O_4$ melting point is 204-205°C. Aqueous extracts obtained from the Centaurea acmohpylla are used in folk medicine against jaundice, headache, wound healing, diuretic, anti-allergic, and kidney stone removal. [4].

The sum of the extractive substances obtained from *Centaurea ovina* species have been processed with the column chromatography method. A crystalline substance have been obtained by using several solvents with various ratio. The absorption bands at 3500, 1770, 1670, 1640, 1620 cm^{-1} in the IR spectrum of the obtained substance were identified with the known substance cnicin. Chemical formula of the second substance is $C_{13}H_{10}O_5$, melting point is 116-118^o C . In the IR spectrum, the absorption bands characteristic of the carbonyl of the δ-lactone cycle (1740 cm^{-1}) and the HC=CH-bonds of the aromatic system (1628, 1580, 1545 cm^{-1}) were clarified and the coumarin derivative was identified as pimpinellin. [1].

Centaurea ovina Pall. ex Willd. and substances derived from it are used in folk medicine and in medicine to treat a number of diseases, as a central nervous system stimulant, analgesic, wound healing, diuretic, bronchial asthma, against malignant tumors,

photosensitizing, coronary artery dilator. Sesquiterpene lactones costunolide, eupasserin, vernolide, etc. are used as components of herbal preparations [28,31, 18, 1].

Coumarin derivatives are widely distributed in plant species of the *Apiaceae*, *Fabaceae*, and *Rutaceae* families. Pinenov M.G. and A.Zş Abishev [12,18].

According to the latest information of S.J.Ibadullayeva it is represented by 76 genera, 187 species and 1 subspecies [5].

In the article, authored by Asanova G.K., A.Sh. Dodonova, an analysis of studies of various groups of biologically active compounds in the species of the genus *Centaurea* L. was conducted in order to search for the most suitable chemotaxonomic markers [9].

Kagarlitsky A.D., Adekenov S.M., Kupriyanov A.N. noted that the number of sesquiterpenes is currently more than 4500 [7].

A.M.Qymerova, Sayyahi J. studied the antimicrobial effect of *Centaurea iberica* essential oil against pathogenic bacteria such as, *Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis,* and *Escherichia coli* [8].

Bibi. H., Iqbal. J., Abbasi, B. A., et al. noted that Centaurea iberica is a rich source of various phytochemicals (lignans, anthocyanins, flavonoids, phenolic acids and stilbenes), xanthophylls and carotenes and have reported to have several healing features such as anticancer, cytotoxicity, anti-inflammatory and antioxidant properties [20].

Aktumsek, A., Zengin, G., Guler, G. O., Cakmak, Y. S. & Duran, A. Have determined lenolenic acid (17.27%) from the upper parts of *C. salicifolia* subsp. *abbreviata*. Chemical markers were used to quickly identify questionable species of the genus Centaurea L. in order to confirm their systematic affiliation [19].

A.N. Alasgarova restored the species status of 8 species using the sesquiterpene lactones obtained from *Artemisia* species as chemical markers via chemotaxonomy method [3].

Chemical studies of aqueous extracts of *Centaurea cyanus* L. petals, their antioxidant, anti-hypertensive and cytotoxic/cytoprotective activities were studied first time by Escher G.B.,Santos J.S.,Rosso N.D.,Marques M.B., Azevedo L., do Carmo M. A.V., Granato D. [24].

The chemical composition of the essential oil of the dried aerial part of plant materials (C. iberica, C. solstitialis subsp. solstitialis) was investigated by GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) combined with HS-SPME/GC-MS (Headspace Solid Phase Microextraction Method) extraction method by Kılıç, Ö. Germacrene D (20,3%), caryophyllene oxide (10,7%) and β- caryophyllene (10,5%), β- eudesmol (15,5%), bicyclogermacrene (14,2%) and spathulenol (11,3%), germacrene D (21,4%) - caryophyllene (16,5%) and caryophyllene oxide (9,5%) were identified as the main components of *C. iberica* and *C solstitialis subsp solstitialis* [39].

Material and methods

The *Centaurea phrygia subsp* salicifolia (M.Bieb.ex Willd) Mikheev (=C salisfolia M.Bieb ex Willd) that we studied has sufficient amount of biological resource and is found in many regions of Azerbaijan. A perennial herb, the stem is an erect, resembling a woody stem 40-60 cm high, with a short, wide, cord-shaped root. The leaves are elliptical-lanceolate, with sharpened tips; the rosette and lower stem leaves are petiolate, accumulated leaves are sessile. The capitulum is solely, sometimes in clusters of 2-3, at the top of the stem and side branches, and is collected in a capitulum inflorescences. The flowers are pink and red. Achene is

oblong, smooth, scattered, hairy, white or gray; the tuft is 0.5-1 mm long. It is distributed on dry slopes up to the middle mountain belt.

Flowering months: VII-VIII, fruit bearing months: VIII-IX. General distribution: Caucasus (all over the Caucasus); Southwest Asia (northern Turkey, Iran) [13].

This subspecies is native from Ukraine to northwestern Iran. It is a perennial plant found mainly in the temperate biome. *Centaurea* phrygia subsp. salicifolia (M.Bieb. ex Willd.) Михеева is distributed in Ukraine; North Caucasus; Georgia [Caucasus]; Armenia; Azerbaijan; Turkey (Northern Anatolia, Northeastern Anatolia, Northwestern Anatolia); Iran (Iran, Azerbaijan region) [11].

The object of the study was the above-ground part of the Centaurea phrygia subsp. phrygia collected from the Gachrash village of the Guba region at the beginning of the flowering phase (July 12, 2019). The plant material (400g) were chopped into small pieces and left to dry, and the total extract obtained by extracting with acetone (3 times for three days) (57.5 g, yield 18.5%) was used. The total extractive substances (15.0 g.) obtained from the species collected at the beginning of the blooming phase and it was chromatographed in a glass column (h=60 cm, d=3.5 cm) filled with neutral, III-IV degree of activity Al_2O_3, and 7 different compounds were isolated. Coumarin derivatives, were individually obtained from the aboveground part. The volume of each fraction is 100 ml. The substances from the glass column chromatography were eluted with hexane for 8 fractions, with hexane : benzene (1:3) for 5 fractions, with pure benzene for 6 fractions, with benzene : chloroform mixture (9:1; 8:1; 7:1; 6:1; 5:1; 4:1; 3:1; 2:1; 1:1), with the mixture of chloroform and ethanol (99:1; 98:2; 97:3) and etc. The uniqueness of the substances was determined by thin-layer chromatography on silifol UV-254 plates, and the melting points of crystalline substances were determined on a Boetius melting table. The total extract of the plant material was subjected to column chromatography and individually 2 sesquiterpene lactones have been obtained. During elution with a mixture of hexane and chloroform (3:2; v/v) using column chromatography, a mixture of 2 substances was detected in fractions 157-160. In order to separate the substances, rechromatography was performed, and individual substances were isolated by using different solvents. After determining the individuality of the substance, bands belonging to the OH group (3370 cm^{-1}), CO-γ-lactone cycle (1765 cm^{-1}), CO-α,β-unsaturated ester group (1710 cm^{-1}), and double bonds (1665, 1630 cm^{-1}) were observed in its IR spectrum. The IR spectrum of the obtained substance coincided with the known substance. The obtained substance is identical to the IR spectrum of the cnicin. The chemical formula of the substance is $C_{20}H_{26}O_7$, melting point is 143°C. The first substance matched to cnicin, belongs to the germacrane-type sesquiterpene lactones. The second substance has been matched with esculetin that was obtained from several genera. Both of the obtained substances are included in herbal drugs and are used in medicine against various diseases. Also, the literature data provides extensive information about the use of cnicin, the first substance, in medicine to treat fungal diseases. After combining the fractions and removing the solvent, the individuality of the substance was determined and a pure crystalline substance was obtained. The infrared (IR) spectrum of each substance is one of the significant indicators that characterizes its individuality. In the IR spectrum of the substance, bands belonging to the CO-δ-lactone cycle (1710 cm^{-1}) and the double bonds of the aromatic cycle (1630,1615,1575,1520 cm^{-1}) were detected. This indicates belonging of the substance to the oxycoumarin compounds. The IR spectrum of the substance

is identical to that of scopoletin. The chemical formula of the scopoletin (6-methoxy-7 coumarin) is $C_{10}H_8O_4$ and its melting point is 204-205°C. [31].

20 g of resin obtained from the roots of the Centaurea phrygia subsp. phrygia is dissolved in 50 ml of benzene and chromatographed in a glass column (h=90 cm, d=3.5 cm) filled with Aluminium oxide active neutral (activity stage III-IV). The volume of each fraction is 100 ml. Hexane, hexane-benzene (2:1; 1:1; 3:1 ratio), benzene, benzene-chloroform (1:1), chloroform, and chloroform-ethanol (20:1) were used as eluents. Totally almost 580 fractions were obtained with various solvents. The same crystalline substance was obtained from all fractions, starting from the fraction eluted with hexane and almost to the last fraction eluted with chloroform. This can be explained by the high content of isoalantalactone in the studied species. During match with known substances, based on the parameters, it turned out to be isoalantalactone. Its chemical formula is $C_{15}H_{20}O_2$, melting point is 117-119°C. Isoalantalactone is included in the composition of the preparations used in the treatment of many diseases.

It should be noted that coumarin derivatives - umbelliferone, psoralen, bergapten, isobergapten, and etc. have been determined in plant species belonging to different families that are systematically distant from each other. Species of this family are widely used in traditional folk medicine due to their anti-inflammatory and antiseptic properties. [31,33].

The research work is dedicated to the study of the chemical composition of the aboveground parts of the *Centaurea phrygia subsp. phrygia*. For the first time, sesquiterpene lactones and coumarin derivatives were isolated from the aerial and underground parts of *Centaurea phrygia subsp. phrygia* that is collected at the budding stage and identified by in comparison with known substances.

It is of great importance to study the physicochemical properties of the substance, identify the obtained substances with known substances, and compare the IR spectra and their results with scientific literature data for identification.

Research method

Agilent Technologies 6890N Network GC System, 5975 inert Mass Selective Detector mass-spectrometr, as a detector Split/Splitless, injection-Split, Inlet pressure 60,608 kpa, Split-100, Low Mass-40, High Mass-400, Threshold 150 is used. A 30 m quartz capillary column "HP-5MS 5% Methyl Siloxane" (inner diameter 0.25 mm, stationary phase thickness 0.25 μ) was used in the experiments. The analyses were carried out in temperature programming mode from 50ºC to 280ºC with an increasing rate of 15ºC/min. Column temperature mode: - initial column temperature was 50ºC - 2 min, constant; - temperature increment from 15ºC to 200ºC - 2 min, constant; - temperature increment from 15ºC to 280ºC - 10 min, constant; - vacuum HiVac - 3.38e-005. Dissolved in a methanol - chloroform (1:2 ratio); gas (He) flow rate was 1 ml/min. The standard mass spectrometric NIST library was used for identification of the substances. The experiment lasted 33 minutes.

Research on the Centaurea phrygia subsp. phrygia was conducted in two separate directions. First direction, six substances were isolated from the total extractive substances using a known method by column chromatography, and in the second direction, *Centaurea phrygia subsp. phrygia*, was studied using the Gas Chromatography-Mass Spectrometry method, and the obtained substances were identified by matching with known substances.

Results and discussion

From the total extractive substances obtained from the above-ground parts of the *Centaurea phrygia subsp. phrygia*, that is collected in the mass flowering stage, yielded six crystalline substances by using column chromatography. First compound is λ- santonin, its chemical formula is $C_{15}H_{18}0_3$, and melting point is 170-172^{0}C. In the IR spectrum of the substance, absorption bands of the of the γ-lactone cycle of carbonyl (1785 cm^{-1}), the 6-membered ketone group conjugated with double bonds (1660 cm^{-1}), and those related to conjugated double bonds (1630, 1620 cm^{-1}) were determined.

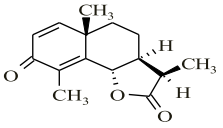
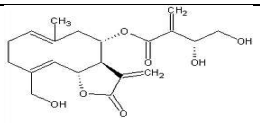
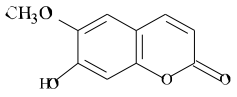
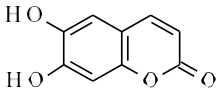
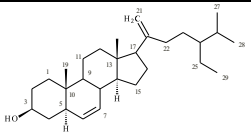
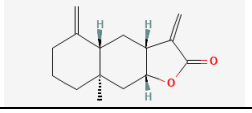
By comparing the elemental composition, melting point and IR spectra of the substance that we isolated with the same parameters of known lactones, first substance was identified as λ-santonin. Second substance is cnicin ($C_{20}H_{26}O_7$), and its melting point is 143°C. The third substance - scopoletin (6-methoxy-7 coumarin) $C_{10}H_8O_4$, m.p. 204-205°C., fourth substance is esculetin, $C_9H_6O_4$, m.p. 269-271°C, fifth substance, stigmasterine $C_{29}H_{50}O$ m.p.138-139°C., sixth substance is isoalantolactone.

A steroid compound was isolated from the aerial part of the *Centaurea phrygia subsp. phrygia* and its structure was identified based on literature data with a known substance (steroid) from *Artemisia abratanum* L., a species of the Asteraceae family.

Due to the hormonal properties, this plant-derived compound possess an exceptional importance in regulating the life processes of living organisms and regulates height development at low concentrations [39].

Table № 1.

Name of the components, chemical formula, molecular weight and chemical structure.

Name	Chemical formula	Melting point	Chemical structure
λ- santonin	$C_{15}H_{18}O_3$	170-172 ^{0}C.	
cnicin	$C_{20}H_{26}O_7$,	143°C.	
scopoletin (6-methoxy-7 coumarin)	$C_{10}H_8O_4$	204-205°C	
esculetin	$C_9H_6O_4$	269-271°C	
Stigmasterine (stigmasterol)	$C_{29}H_{48}O$	138-139°C.	
isoalantolactone	$C_{15}H_{20}O_2$	117-119°C	

Centaurea phrygia subsp. phrygia was studied by gas-chromatography-mass spectrometry method and the substances obtained were identified with known substances.

Isoalantolactone is the main component of *Centaurea phrygia subsp. phrygia*. Its medicinal value is well documented in the literature. In North America, it is used in dysentery, against a fever, as an anthelmintic, and as a infusion (or poultice) to soften the tumors. The individually obtained sesquiterpene lactones psotaxin and dihydropartenolide, have cytotoxic effects on nasopharyngeal cancer. According to literature data, sesquiterpenes belonging to various groups (guaianolides, germacranolide, eudesmanolides, etc.) have been obtained from the species of this genus.

Chemical formula of isoalantolactone is $C_{15}H_{20}O_2$, melting point is 117-119°C. It has been added to the composition of the medicines that are being used in the treatment of many diseases.

During the research conducted in this direction, a number of furocoumarin preparations - meladinen, melaxin, beroxan, ammifuran, psoralen - are currently widely used in medical practice.

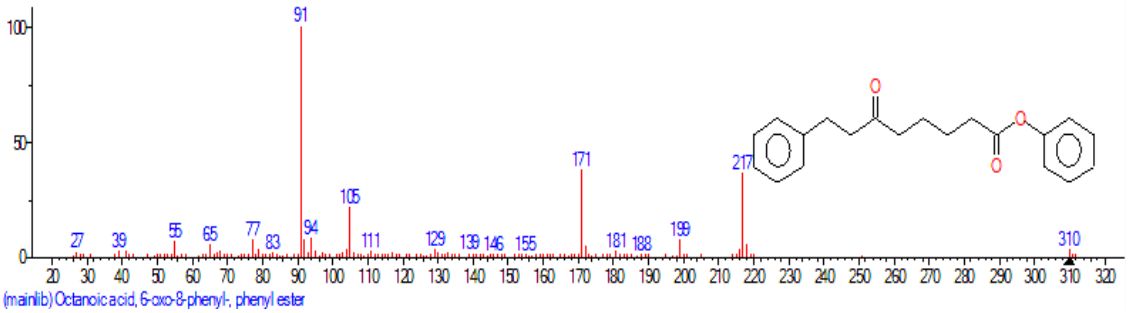
Substances obtained from the *Centaurea phrygia subsp. phrygia* were analyzed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) methods, and they were identified with known substances. Identification of substances obtained from the aerial parts and roots by gas chromatography-mass spectrometry method, the GC-MS spectrum, the retention time, chemical formula, and molecular weight of the components are demonstrated.

The name, extraction time, formula, and molecular weight of the components obtained from *Centaurea phrygia subsp. phrygia* have been indicated in Table № 2.

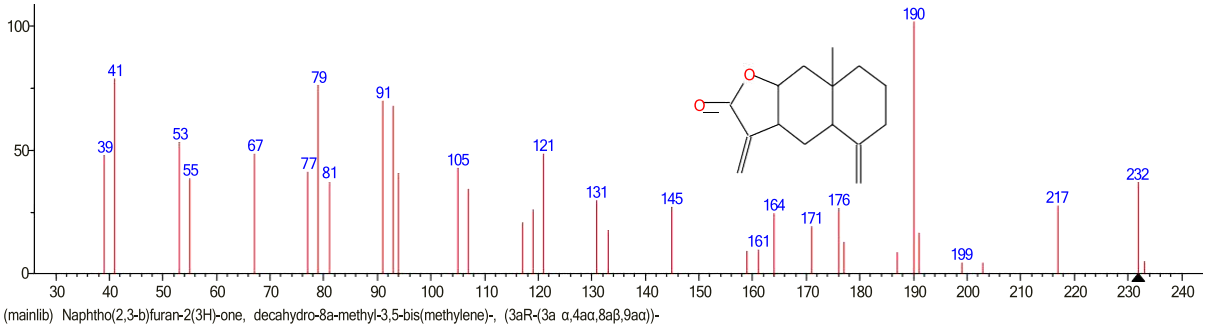
1) Octanoic acid, 6-oxo-8-phenyl-, phenyl ester, 2) Naphtho(2,3-b)furan-2(3H)-one, decahydro-8a-methyl-3,5bis (methylene)-,3aR-(3aα,4aα,8a β,9, isoalantolactone) 3) 10-Epoxy-4-methoxy-7-methyl-8-(3,4-methylenedioxyphenyl)-spiro(5,5)undeca-1,4-dien-3-one) 4) Diisooctyl phthalate.

	Name	*Retention time*	*Formula*	*Molecular weight*
	Octanoic acid, 6-oxo-8-phenyl-, phenyl esterα,4aα,8aβ,9aα))-(Isoalantolactone)	14.14	$C_{20}H_{22}O_3$	310
2	Naphtho(2,3-b)furan-2(3H)-one, decahydro-8a-methyl-3,5-bis(methylene)-, (3aR-(3aα,4aα,8aβ,9aα))-	14.61	$C_{15}H_{20}O_2$	232
	10-Epoxy-4-methoxy-7-methyl-8-(3,4-methylenedioxyphenyl)-spiro(5,5) undeca-1,4-dien-3-one	15.2523.17	$C_{20}H_{20}O_5$	340
4	Diisooctyl phthalate	23.17	$C_{24}H_{38}O_4$	390

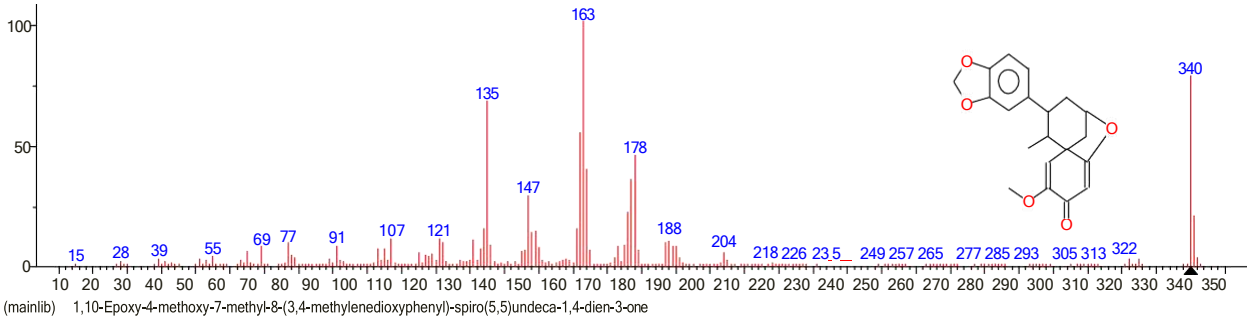
1. Octanoic acid, 6-oxo-8-phenyl-, phenyl ester



2. Naphtho(2,3-b)furan-2(3H)-one,decahydro-8a-methyl-3,5-bis(methylene)-,3aR-(3aα,4aα,8aβ,9aα) – (Isoalantolactone)



3. 1.10-Epoxy-4-methoxy-7-methyl-8-(3,4-methylenedioxyphenyl)-spiro(5,5)undeca-1,4-dien-3-one



4. Diisooctyl phthalate

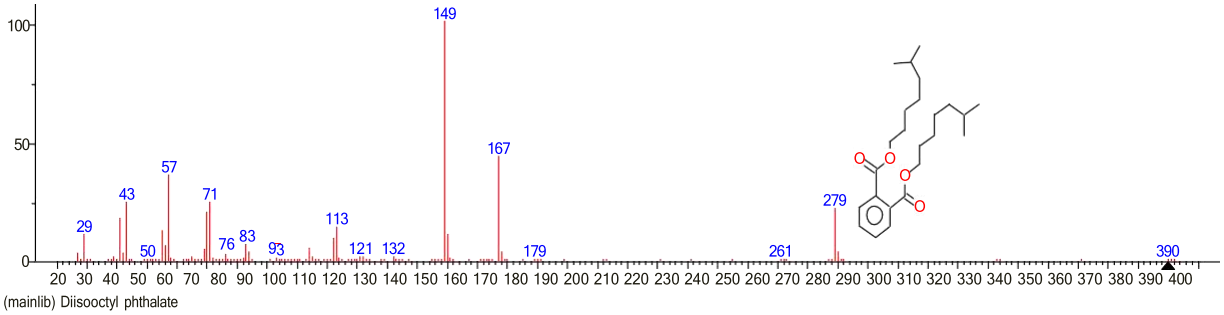


Table 3. Results of the Infrared (IR) spectrum of biologically active substances obtained from the roots and aerial parts of *Centaurea phrygia subsp. phrygia*

№	Name	Chemical formula	Melting point	Absorption bands of IR spectra
1.	cnicin	$C_{20}H_{26}O_7$	143 °C.	OH (3370cm^{-1}), CO-γ-lactone cycle (1765cm^{-1}), CO-α, ester group (1710cm^{-1}), double bond (1665 ,1630cm $^{-1}$)

2.	scopoletin	$C_{10}H_8O_4$	204-205 °C	CO-δ- lactone cycle (1710 cm^{-1}). And aromatic cycle double bonds (1630, 1615,1575,1520 cm^{-1})
3.	isoalantolactone	$C_{15}H_{20}O_2$	117-119-°C	γ max.1770,1670,1650cm^{-1}
4.	Esculetin	$C_9H_6O_4$	269-271°C	CO-δ –lactone cycle 1715-1672 (1625-1570^{-1}) aromatic cycle C=C bonds (1785 cm^{-1}), (1660 cm^{-1}) (1630, 1620 cm^{-1}
5	λ- santonin	$C_{15}H_{18}O_3$	170-172°	CO-δ – lactone cycle (1710 cm^{-1}) aromatic cycle double bonds 1630,1615,1575,1572 $cm^{-1)}$

RESULTS

For the first time, five substances were obtained from the aerial parts of the *Centaurea phrygia subsp. phrygia* that grows in Azerbaijan.

Biologically active substances λ- santonin, cnicin sesquiterpene lactones, esculetin, scopoletin coumarins and steroid were individually obtained. Second direction of the research 1) *stigmasterine* , 2) cnicin, λ- santonin 3) esculetin 4) scopoletin, 5) isoalantolactone.

REFERENCES

1. Alasgarova A.N., Sarkarov S.V., Zeynalova S.V. Study of biologically active substances of the species Centaurea ovina Pall. Ex Willd. in the flora of Azerbaijan, Journal of the Society of Botanists of Azerbaijan, No. 1, 2020, pp. 41-44

2. Alasgarova A.N., Rustamova L.I., Orujova E.G., et al. Study of the sesquiterpene lactone and coumarin content of Centaurea solstitialis L. raw material by Gas chromatography-mass spectrometry // Azerbaijan Journal of Pharmacy and Pharmacotherapy, 2024, No. 1, pp. 30-34

3. Alasgarova A.N., Artemisia L. species of the flora of Azerbaijan and their chemotaxonomy – Baku: Elm, – 2019. – 448 p.

4. Alasgarova A.N., A.Sh.Safarova, K.F.Bakhshaliyeva Chemical and antifungal study of the Centaurea acmophulla Boiss. Conference materials of the Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Azerbaijan and the Azerbaijan Botanists Society dedicated to the 90th anniversary of academician Vahid Jalal oglu Hajiyev. Baku. June 20-21, 2018.

5. Ibadullayeva S.J. Apiaceae Lindl. family of the Azerbaijani flora (in plant resources). Abstract of dissertation of Doctor of Biological Sciences, Baku, 2005, 51 p.

6. Abildaeva F.J., Jangabylov N.S., Adekenov S.M. Prospects for the use of sesquiterpene lactone arglabin as an anti-inflammatory and cytotoxic agent. Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan Institute of Phytochemistry Almaty Gylym. 2004, pp. 17-24.

7. Kagarlitsky A.D., Adekenov S.M., Kupriyanov A.N. Sesquiterpene lactones of plants of central Kazakhstan. Alma-Ata: Academy of Sciences of the Kazakhstan SSR, 1987, 238 p.

8. Mobaiyen, H., Jafari Sales, A. and Sayyahi, J., 2015. Evaluating antimicrobial effects of centaurea plant's essential oil on pathogenic bacteria: staphylococcus aureus, staphylococcus epidermidis, and escherichia coli isolated from clinical specimens. *Journal of Advanced Biomedical Sciences*, *5*(4), pp.479-487.

9. Asanova G.K., A.Sh. Dodonova, V. Push Identification of chemotaxonomic markers of plants from the genus Centaurea L. Bulletin of Karaganda University, Series "Biology. Medicine Geography". No. 3 (99) / 2020. DOI 10.31489/2020BMG3/21-28

10. Serkerov S.V., İbrahimova S.Compaund from New Steroidal *Artemisia abrotanum* Chemistry og Natural Compaundea (USA) 2014.V. issue 3 p.478-479

11. Mikheev (M.Bieb. ex Willd.) (*Centaurea phrygia* subsp. *salicifolia* First published in Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad) 84(9): 105 (1999)

12. Pimenov M.G. List of plants - sources of coumarin compounds. L: Nauka, 1971, 200 p.

13. Plant resources of the USSR: flowering plants, their chemical composition, use of the Asteraceae family. St. Petersburg: Nauka, 1993, 352 p.

14. Rakhmaeva A.M., Gumerova S.K., Terenjev D.A., Sharonova N.L., Fitsev I.M. Antimicrobial activity and phytotoxicity of extracts of some plant species of the genus Centaurea - Bulletin of Kazan State Agrarian University 2020, 15, 3 (59), 37-42.

15. Heydarov I.Q. (2018) *Ferula calcarea* M.Pimen the chemical study of the species *Angelica purprascens* (Ave-Lall) Gilli (Apiaceae) and *Prangos biebersteinii* Karjag. Synopsis of thesis. Baku: 20 p.

16. Flora of Azerbaijan (1961) Baku: Publishing AN Azerbaijan, SSR, VIII: 458-478].

17. Abdolhossein Rustaiyan, Akram Niknejad, Christa Zdero and Ferdinand Bohlman quianolides from *Centaurea behen*. Phytochemistry, 1981, № 10, p/2427-2429.

18. Abishev A.Z., Agaev E.M., Kerimov Yu.B. (2003) *Chemistry* and harmacology of natural coumarins. Baku: 212 p.

19. Aktumsek, A., Zengin, G., Guler, G. O., Cakmak, Y. S., & Duran, A *C. salicifolia* subsp. *abbreviata* (2013). Assessment of the antioxidant potential and fatty acid composition of four *Centaurea* L. taxa from Turkey. *Food chemistry*, *141*(1), 91-97.

20. Bibi, H., Iqbal, J., Abbasi, B. A., Kanwal, S., Tavafoghi, M., Ahmed, M. Z., & Mahmood, T. (2024). Evaluation and chemical profiling of different Centaurea iberica extracts and investigation of different in vitro biological activities. *Journal of King Saud University-Science*, *36*(1), 102992.

21. Carev, I., Ruščić, M., Skočibušić, M., et al. Phytochemical and cytogenetic characterization of *Centaurea solstitialis* L.(Asteraceae) from Croatia. *Chemistry & biodiversity*, 2017, *14*(2), p.1-11.

22. Erenler, R., Sen, O., Sahin Yaglioglu, A., & Demirtas, I. (2016). Bioactivity-guided isolation of antiproliferative sesquiterpene lactones from *Centaurea solstitialis* L. ssp.

Solstitialis. Combinatorial chemistry & high throughput screening, (2016), 19(1), 66-72.

23. Escher G.B., Santos J.S., Rosso N.D., Marques M.B., Azevedo L., do Carmo M. A.V., Granato D. Chemical study, antioxidant, anti-hypertensive, and cytotoxic/ cytoprotective activities of Centaurea cyanus L. petals aqueous extract. //*Food and chemical toxicology* 2018, *118*, 439-453.

24. Gaisha Mukhametzhanova , Gulzina Asanova , Gulimzhan S. Adekenova , Balzhan Medeubayeva , Anarkul Kishkentayeva , Sergazy Adekenov, Chartolepis intermedia Boiss. and *Centaurea ruthenica* Lam. – New Medicina Plants Containing Pharmacologically Active Compounds, Macedonian Journal of Medical Sciences, Vol. 10 No. A . 2022 p .

25. Georges Massiot, Anne- Maric Mofraux, Louisett le Men-Oliver , James Bouguant Abdelariz Madaci , Abdallah Mahamou , Mariette Choleaves of *Centaurea incana.* Biochemisrty, 1985, №1, p.258-261.

26. Iranshahi M., Sahebkar R., Takasaki M., Konoshima T., Tokuda H. (2009) Cancer chemopreventive activity of the prenylated coumarin, umbelliprenin in vivo. European Journal of Cancer prevention. 18 (5): 412-415.

27. K.F., Muradova S.M., Abdullayeva T.Kh., Sefereliyeva E.M., Karayeva S.J., Muradov P.Z. 2017. Ecophysiology of toxigenic fungi which spread in the different biotopes of Azerbaijan. Othalia journal (South Africa.), 47(6):2-10.

28. Kuznetsova G.A. (1967) Natural coumarins and furocoumarins. L .: Nauka,248 p.

29. Lesiak K.,Koprowska K., Zalesna L.et al.Parthenolide, a sesquiterpene lactone from the medical herb feverfew,shows anticancer activity against human melanoma cells in vitro //Melanoma Res., 2010.v.20,No p.21-34

30. Mayer A.M. Rodriguez A.D., Berlinck R.G.,Hamann M.T. Marine pharmocology in 2005-2006 Marine compounds withanthemintes, antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprozital, antituberculosis, andantiviral activities, affecting the cardiovascular, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action // Biochim.Biophys. Acta, 2009,v.1790,No 5,p.283-308.

31. Rybalko K.S. (1978) Natural sesquiterpene lactone. M.: 320 p.

32. Serkerov S.V. (2005) Terpenoids and phenol derivatives of plants of the families *Asteraceae* and *Apiaceae.* Baku. CBC Production, 312 p.

33. Serkerov S.V., Aleskerova A.N. (2006) Infrared spectra and structure of sesquiterpene lactones and coumarins. Baku: CBS polygraphic production,223 p.

34. Serkerov, S.V., İbrahimova, S. Compound from new steroidal *Artemesia abrotanum* // Chemistry of Natural Compounds, - 2014, Vissue 3, - p.414-415.

35. Sirota I.B. (2004) The antioxidant effect of arglabin in the complex treatment of advanced breast cancer. Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan Institute of Phytochemistry. Almaty : 247-257

36. İranshahi M., Sahebkar A, Takasaki M., Konossina T.,Tokuda H.(2009) Canser chemopreventive activity of prenilated coumarin, umbelliprenin in vitro Europen Jurnal of Cancer Prevention,18(5):412-415.

37. Stevens K.L.(1982) sesquiterpene lactones from Centaurea repens. Phytochemistry, 21№5,p.1093-1098

38. Wagentiz G.*Centaurea* L.\\ Flora Turkey Edinburgh 1975.Vol 5-P.465-585

39. Kılıç Ö. Essential oil compounds of three *Centaurea* L. taxa from Turkey and their chemotaxonomy. – 2013. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 7(19), pp. 1344-1350

STUDY OF THE SYNTHESIS OF TETRAACETYL GLYCOLURYL IN THE PRESENCE OF A PHOSPHORUS-CONTAINING CATALYSTS

Khayala H.Kasamanli[1], Ilaha N.Taghili[1], Fidan N.Hasanova[2]

[1]Ganja State University, [2]Azerbaijan Technological University

xeyale.kesemenli@mail.ru

Açar sözlər: *qlikoluril, tetraasetilqlikoluril, fosfit turşusu, fosfat turşusu, oksietilen difosfon turşusu, katalizator, deasetilləşmə.*

Ключевые слова: гликолурил, тетраацетилгликолурил, Фосфористая кислота, фосфорная кислота, оксиэтилендифосфоновая кислота, катализатор, деацетилирование.

The influence of phosphorus-containing catalysts: phosphorous and phosphoric acid, diethyl phosphite and oxyethylene diphosphonic acid (OEDP) in the synthesis of tetraacetylglycoluril was studied. The use of phosphorous and phosphoric acids in ratios of 4:1 relative to glycoluril is most suitable for achieving maximum yields (95–98%) of the target product, and the specific action of OEDP leads to N-acetylation–deacetylation of the substrates. The positive effect of phosphoric acids on the synthesis of tetraacetylglycoluril can be explained not only by their catalytic action, but also by the ability to preliminarily and effectively transfer the substrate from a dense crystalline "package" into a solution.

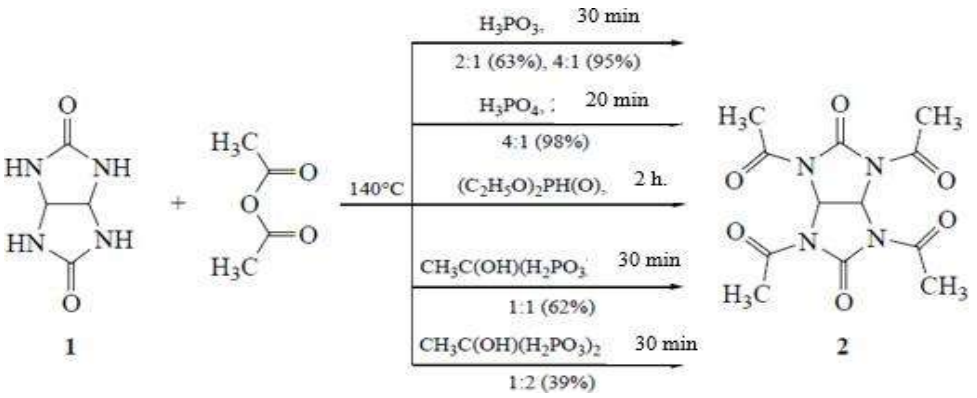
Keywords: glycoluril, tetraacetylglycoluril, phosphorous acid, phosphoric acid, oxyethylene diphosphonic acid, catalyst, deacetylation.

In the chemistry of nitrogen-containing heterocyclic compounds, a special place is occupied by bicyclic ureas [1], among which 2,4,6,8-tetraacetyl-2,4,6,8-tetraazabicyclo[3.3.0]octane-3,7-dione [tetraacetylglycoluril (TAGU)] *2* is of particular interest due to its acetylating properties [2] and wide application in industry as an activator of peroxide compounds for bleaching [3]. For the efficient synthesis of tetraacetylglycoluril *2*, two synthetic approaches are predominantly used: through preliminary in situ generation of the corresponding N-anions of the substrates and using traditional acylating reagents in the presence of basic or acidic catalysts. The first reports on the synthesis of tetraacetylglycoluril 2 by direct interaction of glycoluril 1 with acetic anhydride date back to the end of the 19th – beginning of the 20th century [4]. It was later established that the best yields of compound *2* in this reaction are achieved by using sodium acetate [5], perchloric [6, 7] and sulfuric [7] acids as catalysts. However, we are not aware of any examples of the use of phosphoric acid and its derivatives in reactions of TAGU *2* formation under similar conditions.

The aim of our work was to study the preparative capabilities of phosphorous and phosphoric acids, diethyl phosphite and oxyethylene diphosphonic acid (OEDP) as an acetylation catalyst in the synthesis of tetraacetylglycoluril *2* (Scheme 1).

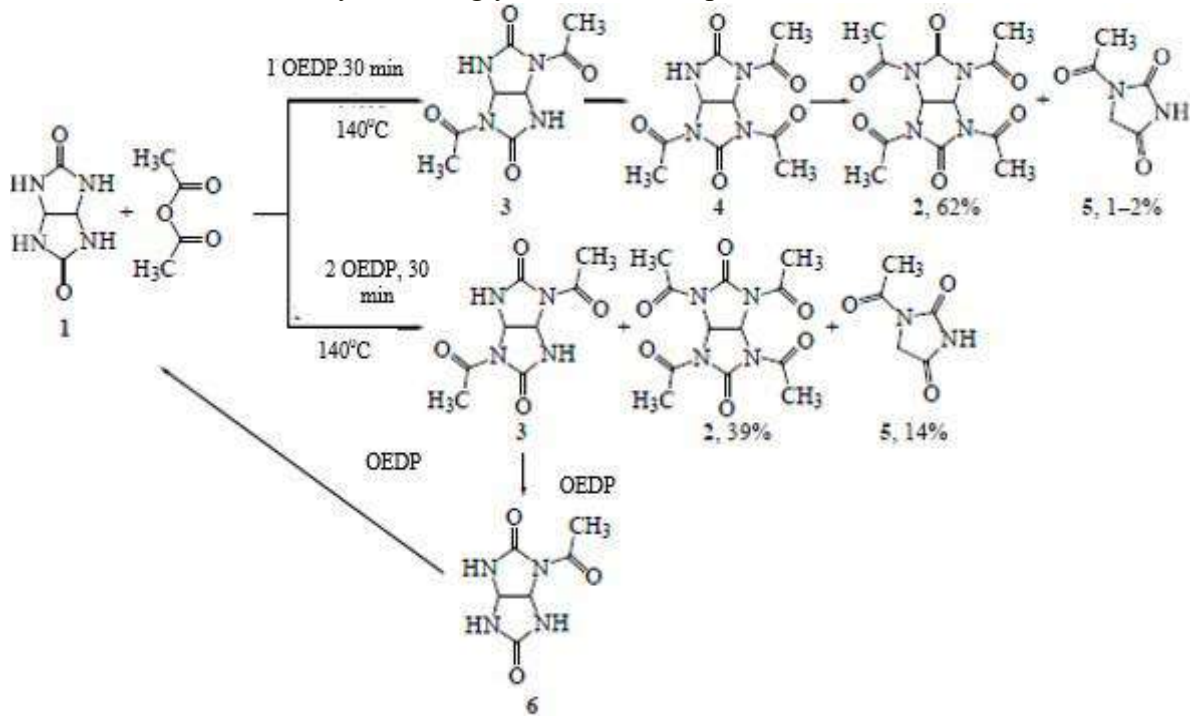
Scheme 1. Synthesis of tetraacetylglycoluril ***2*** in the presence of phosphorus-containing catalystsIt was found that boiling glycoluril *1* with acetic anhydride in the presence of phosphorous and phosphoric acids in a ratio of 1:4 quite quickly (20–30 min) results in the formation of TAGU *2* in high yields (95–98%) (Table 1). The progress of the studied reactions was monitored by High Performance Liquid Chromatography HPLC based on the disappearance of the glycoluril *1* peak and quantitative comparison of the analyte with the standard sample of TAGU *2* from Acros Organics company.

Table 1. Conditions for the synthesis of tetraacetylglycoluril *2* in the presence of phosphorous, phosphoric acids, diethyl-phosphite and OEDP



Parameters	Catalysts					
	Phosphorous acid		Phosphoric acid	Diethyl phospite	OEDP	
Ratio	1:2	1:4	1:4	1:4	1:1	1:2
Time, min	30	30	20	120	30	30
Yield ***2*** %	63	95	98	traces	62	39

Scheme 2. Acetylation of glycoluril *1* in the presence of OEDP



The use of 2-equivalents of phosphorous acid relative to glycoluril *1* for the same time resulted in a significant drop in the yield of TAGU *2* (63%). It is interesting that in this case, according to the results of HPLC of the reaction products, it was shown that in addition to the main product *2*, the mixture contains triacetylglycoluril *4* (30%) and diacetylglycoluril *3* (6%). Increasing phosphorous acid to 4 equivalents in the acetylation reaction of glycoluril *1* results in the formation of TAGU *2* with a yield of 95%, but at the same time, by-products are present – [diacetylglycoluril *3* (3%), triacetyl dicoluril *4* (2%)].

The use of phosphoric acid in 4 equivalents relative to glycoluril *1* led to the synthesis of the target product *2* in almost quantitative yield (98%), and the impurities are minor [diacetylglycoluril *3* (1.5%) and triacetyl dicoluril *4* (0.5%)] according to HPLC data.

An attempt to use diethyl phosphite in the reaction of glycoluril *1* with acetic anhydride was unsuccessful, since in this case TAGU *2* is formed in only trace amounts in 2 h (according to HPLC data), which is most likely due to the presence of insignificant amounts of phosphorous acid in diethyl phosphite or its formation by partial hydrolysis of diethyl phosphite. Relatively recently, a number of studies [8–12] have established that 1-oxyethylidenediphosphonic acid (OEDP) has found application as a convenient catalyst in reactions of dihydropyrimidone formation by condensation of carbonyl compounds with an active methylene group, urea and aldehydes both under traditional conditions [8–11] and under microwave synthesis conditions [12]. Due to its stereochemical properties [13, 14] and "bisphosphonate" property, OEDP is prone to complex formation, which makes it attractive for studying catalytic properties and this circumstance served as a prerequisite for its use in the acetylation of glycoluril *1*. It was established that the use of equimolar amounts of OEDP in relation to glycoluril 1 promotes the formation of tetraacetylglycoluril *2* when boiling substance *1* with acetic anhydride with a yield of 62% (Scheme 1). However, as we have found out, in this case tetraacetylglycoluril *2* is not the only reaction product. Diacetylglycoluril *3* and acetylhydantoin *5* were found in the reaction mixture (Scheme 2). The formation of compound *5* is apparently associated with the competitive reaction of opening the bicyclic framework of glycoluril [9, 10] followed by acetylation of hydantoin, which in turn is formed by the elimination of urea from one of the reaction intermediates.

REFERENCES

1. Kravchenko A.N., Baranov V.V., Gazieva G.A. Russ. Chem. Rev. 2018, 87, 89–108.
2. Bakibaev A.A., Khoang N.F., Mamontov V.V. Russ. J. Org. Chem. 2018, 54, 668–669.
3. Moore R.G. Patent. 10487297B2 (2017). USA.
4. Hoang N.F., Malkov V.S., Gorbin S.I., Panshina S.Yu. Izv. Vuzov. Khim. Khim. Tekhnol. 2019, 62, 4–19.
5. Just G., Moya D., Ostermann S., Pritzkow W., Visotkea M.P. J. Prakt. Chem. 1990, 332, 176–180.
6. Whittaker V.P., Wijesundera S. Biochem. J. 1952, 51, 348–351.
7. Kuhling D. Justus Liebigs Ann. Chem. 1973, 263–277.
8. Savant M.M., Bhuva C.V., Singh J., Naliapara Y.T. Arkivoc. 2009, 7, 79–85.
9. Panshina S., Bakibaev A., Uhov A., Malkov V. J. Heterocycl. Chem. 2020, 1–9
10. Panshina S.Yu., Ponomarenko O.V., Bakibaev A.A., Malkov V.S. JORH. 2020, 56, 1836–1844. [Panshina S.U., Ponomarenko O.V., Bakibaev A.A., Malkov V.S. Russ. J. Org.Chem.2020, 56.]
11. Vilapara K.V., Gami S.P., Gadara Sh.A., Naliapara Y.T. ChemistrySelect. 2019, 4, 11235–11238.
12. Savant M.M., Pansuriya A.M., Bhuva C.V., Kapuriya N.P., Naliapara Y.T.*Catal.Lett*. 2009, *132*, 281–284.
13. Uchtman V.A., Gloss R.A. *J. Phys. Chem*. 1972, *76*, 1298–1304. doi10.1021/j100653a013
14. Sergienko V.S. *Crystallogr. Rep*. 2000, *45*, pp.64–70. 15. Хоанг Н.Ф., Бакибаев А.А., Мальков В.С. *Изв. вузов. Сер. хим. и хим. технол*. 2018, *61*, стр.49–53.

FOSFORTƏRKİBLİ KATALİZATORUN İŞTİRAKI İLƏ TETRAASETİL QLİKOLURİLİN SİNTEZİNİN TƏDQİQİ

X.H.Kəsəmənli, I.N.Tağılı, F.N.Həsənova

Tərkibində fosfor olan katalizatorların: fosfit və fosfat turşularının, dietilfosfitin və oksietilendifosfon turşusunun (OEDF) tetraasetilqlikoluril sintezinə təsiri öyrənilmişdir. Fosfit və fosfat turşularının qlikolurilə nisbətən 4:1 nisbətində istifadəsi məqsədli məhsulun maksimum məhsuldarlığına (95-98%) nail olmaq üçün ən uyğundur və OEDF-nin spesifik təsiri substratların N-asetilasiyası-deasetilasiyasına gətirib çıxarır. Fosfor turşularının tetraasetilqlikoluril sintezinə müsbət təsiri təkcə onların katalitik təsiri ilə deyil, həm də substratı sıx kristal "paketdən" məhlula ilkin və effektiv şəkildə köçürmək qabiliyyəti ilə izah edilə bilər.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИНТЕЗА ТЕТРААЦЕТИЛГЛИКОЛУРИЛА С УЧАСТИЕМ ФОСФОРСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА

Х.Г.Касаманли, И.Н.Тагили, Ф.Н.Гасанова

Было изучено влияние фосфорсодержащих катализаторов: фосфита и фосфорной кислоты, диэтилфосфита и оксиэтилендифосфоновой кислоты (OEDF) на синтез тетраацетилгликолурилина. Использование фосфита и фосфорной кислоты в соотношении 4:1 к гликолурилу наиболее подходит для достижения максимального выхода целевого продукта (95-98%), а специфическое действие (ОЕДФ) приводит к N-ацетилированию-дезацетилированию субстратов. Положительное влияние фосфорных кислот на синтез тетраацетилгликолурила объясняется не только их каталитическим эффектом, но и способностью первоначально и эффективно переносить субстрат из плотной кристаллической «упаковки» в раствор.

NEFT KİMYASI

ASETOKSİNORBORNENİN İZOBUTİL METAKRİLAT İLƏ BİRGƏ POLİMERLƏŞMƏSİ PROSESİ

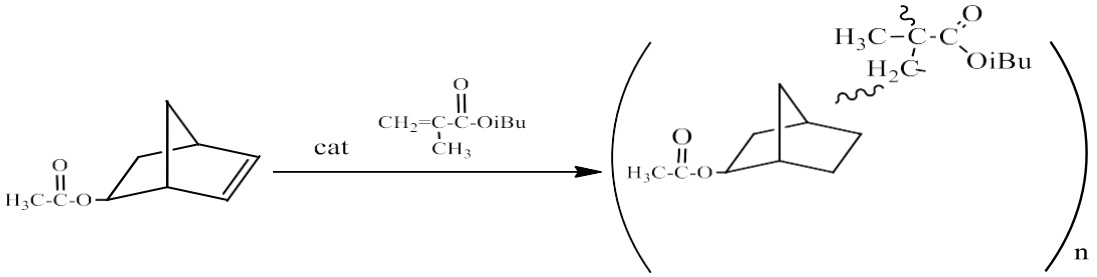
İbrahimova M.C., Qədirli V.S., Mahmudova E.Q., Rəsulova R.A., Məmmədova X.M, Səfərova İ.R.

AREITN, Neft Kimya Prosesləri

safarovairada12@gmail.com

Modifikasiya olunmuş tərkibində funksional qruplar daşıyan norbornen törəmə-lərinin polimerləşməsi müasir polimer kimyasında yüksək performanslı materialların əldə olunması baxımından mühüm və perspektivli istiqamətlərdən biri hesab olunur [1, 2]. Bu birləşmələrin quruluşunda reaksiya qabiliyyətli funksional qrupların mövcudluğu sonradan kimyəvi modifikasiya imkanlarını genişləndirir və nəticədə alınan polimerlərin struktur–xassə əlaqələrinin məqsədyönlü şəkildə tənzimlənməsinə şərait yaradır. Bu tip polimerlər yüksək şüşə keçid temperaturu (Tg) ilə xarakterizə olunur ki, bu da onların yüksək temperatur şəraitində dayanıqlığını, termiki sabitliyini, kimyəvi davamlılığını, mexaniki möhkəmliyini təmin edir. Funksional qruplu norbornenlər əsasında alınan polimerlər boya və lak sənayesində, qoruyucu və dekorativ örtüklərin, yapışdırıcı kompozisiyaların, fotopolimer kompozitlərin, həmçinin mikroelektronika sahəsində fotorezist materialların sintezində, geniş istifadə olunur. Funksional qrupların mövcudluğu biomolekullarla qarşılıqlı təsirin tənzimlənməsinə imkan verir ki, bu da dərman daşıyıcı sistemlər, biosensorlar və digər tibbi materialların hazırlanmasında mühüm rol oynayır. Bu tip polimerlərin biotibbi tətbiqlərdə istifadəsi onların biouyğunluq və struktur sabitlik kimi xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır.

Norbornen efirlərinin polimerlərinin tərkibinə akrilat fraqmentinin daxil edilməsi zəncirin elastikliyini artırır və yapışma xüsusiyyətini təmin edir. Bu, xüsusilə təkmilləşdirilmiş yapışma, fotosensitiv sistemlər və biouyğun materiallara malik örtüklərin yaradılması üçün vacibdir. 5-asetoksinorborn-2-enin izobutilmetakrilat ilə sopoli-merləşməsi kütlədə və ya həlledici mühitində aparılmış, reaksiya mühiti kimi toluol və ya ion maye tərkiblərindən N-metilpirrolidonhidrosulfat, N-metilpirrolidondihidroortof-osfatdan istifadə edilmişdir: Proses inisiator kimi üçlü butil peroksidi və efirat bordan istifadə edilmişdir. Reaksiyanın temperaturu inisiatorun parçalanma temperaturuna əsasən 5 saat müddətində aparılmışdır.



Birgə polimerləşmə prosesinə müxtəlif amillərin:radikal inisiatorun təbiəti, miqdarı, temperatur, polimerləşmə müddəti, habelə məhlulun qatılığının təsiri tədqiq edilmişdir. Birgə polimerləşmə prosesi inisiatorun 0.2 % kütlə miqdarında, üçlü butil peroksidinin iştirakında 130^{o}C temperaturda, efirat borun iştirakında isə 120 ^{o}C temperaturda, somonomerlərin 1:1 mol nisbətində, 5 saat müddətində, aparılmışdır.

Sintez olunmuş sopolimerlərin quruluşu İQ- spektroskopiya üsulu ilə təsdiq edilmişdir. C-H, CH_2 ,CH_3 qruplarına xas deformasiya,1468, 1445, 1368sm^{-1} 2885, 2938, 2944 sm^{-1} valent rəqsləri, 1728 sm^{-1} sahəsində mürəkkəb efirin C=O rabitəsinə xas valent rəqsləri, 1239 sm^{-1} də mürəkkəb efirin C-O rabitəsinə xas valent rəqsləri, müşahidə edilmişdir. Ilkiin xammal kimi götürülmüş 5-asetoksinorborn-2-enin bitsiklik halqasındakı 1645 sm^{-1} –də müşahidə edilən ikiqat rabitəyə xas udma zolağı alınan birgə polimer məhsulun spekrində təsadüf edilməmişdir ki, bu da polimerləşmənin getdiyinə dəlalət edir.

Alınmış tərkiblərə əsaslanaraq, funksional qruplu norbornenlərin, xüsusilə aseto-ksinorbornen törəmələrinin sopolimerləşməsi yüksək texnologiyalı sahələr üçün çox-funksiyalı və yüksək keyfiyyətli materialların əldə olunmasında effektiv və perspektivli yanaşma kimi qiymətləndirilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Christopher W. Bielawski,Diego Benitez,Takeharu Morita, Robert H. Grubbs Synthesis of End-Functionalized Poly(norbornene)s *Macromolecules*, 2001, Vol 34, Issue 25

2. E.Tharn-Csanyl, Ch.Harder,B. Dahlke Metathesis and cross-metathesis of 5-acetoxy- or 5-cyanonorbornene Journal of Molecular Catalysis 1992, volume 76, issues 1-3 p 93-100

IMPROVEMENT OF PETROLEUM BITUMEN WITH THE PARTICIPATION OF ELASTOPLASTIC MODIFIERS

[1]L.I. Aliyeva, [2]S.S. Goyushlu,[1]N.I. Bayramzada

[1]Institute of Petrochemical Processes, [2] Heydar Aliyev Oil Refinery, SOCAR

Keywords: *Petroleum bitumen, polymer modification, elastoplastic materials, high-pressure polyethylene, thermal stability, composite materials, durability.*

Açar sözlər: *Neft bitumu, polimer modifikasiyası, elastoplastik materiallar, yüksək təzyiqli polietilen, istilik dayanıqlığı, kompozit materiallar, davamlılıq.*

1. Introduction

Petroleum bitumen is a complex mixture of hydrocarbons and heteroatomic compounds, characterized by a wide range of molecular weights and distinct viscoelastic behavior. It is primarily obtained as a residue from crude oil refining and is extensively used as a binder in various engineering and construction applications. The most notable application of bitumen is in road pavement construction, where it serves as the adhesive component that binds aggregates, ensuring structural integrity and mechanical performance of the pavement layers. These phenomena contribute to pavement distresses, including rutting, fatigue cracking, and thermal cracking, which ultimately reduce the lifespan of the road surface and increase maintenance costs [1-3].

Polymer-containing bituminous materials have the necessary properties that provide long-term operation of asphalt concrete coatings. Polymer-bituminous binders are produced on the basis of an expensive and scarce polymer (styrene-butadiene-styrene block copolymer), which affects the cost of road construction. Therefore, the purpose of the research was the development of a polymer modifier and the study of its influence on the properties of a road binder obtained by the technology of "tar oxidation –compo-unding of deep-oxidized

bitumen with tar modified with a polymer additive. The effectiveness of using the obtained polymer additives is confirmed by the physico-chemical properties of the obtained bituminous binders, which are characterized by low brittleness temperatures, resistance to aging proc, and an increased range of plasticity.

Elastoplastic polymers, such as high-pressure polyethylene (HPPE), combine characteristics of both elastic and plastic deformation, making them highly suitable for improving bitumen properties. The addition of HPPE not only enhances temperature susceptibility but also improves resistance to permanent deformation under long-term mechanical loading. Interactions between polymer and bitumen phases are crucial for determining the pro-perties of the final composite. Polymer chains can form a network structure within the bitumen matrix, which increases mechanical strength, thermal stability, and overall durabi-lity.Such composites can withstand cyclic loading and T fluctuations, making them ideal for applications in road construction, airport runways, and industrial flooring. [4-5]

2. Materials and Methods

2.1 The base material in this study was 50/70 grade petroleum bitumen. Its primary properties include a softening point of 46°C, penetration value of 58.01 (0.1 mm), ductility of 100 cm, brittleness temperature of −23°C, and adhesion value of 3. High-pressure polyethylene (HPPE) was used as the polymeric modifier. The polymer was supplied in the form of white granules with properties including tensile strength of 12–15 MPa, elongation at break of 300–500%, melt flow index of 1.5–3 g/10 min, density of 920–925 kg/m³, melting temperature of ~110°C, heat resistance of 90–95°C, and crystallinity of 45–50%.

2.2 Preparation of Bitumen–Polymer Composites Bitumen–polymer composites were prepared in a controlled laboratory environment. Initially, bitumen was heated to a temperature above its softening point (~50–60°C) to achieve a fluid state suitable for mixing. A predetermined amount of HPPE (0.8 wt%) was gradually added while mechanically stirring the mixture. The mixing process was conducted at elevated temperatures, carefully controlling the duration and shear rate to ensure uniform dispersion of HPPE within the bitumen. After mixing, the composites were cooled to room temperature and conditioned before testing.

3. Results and Discussion

3.1 Thermal Stability TGA results demonstrated that bitumen modified with 0.8 wt% HPPE exhibits improved thermal stability compared to the unmodified bitumen. The onset temperature of thermal degradation was shifted toward higher values, and the rate of mass loss decreased, indicating enhanced heat resistance.

3.2 Thermal Transitions DSC analysis revealed increased heat absorption capacity in the composite, indicating better energy dissipation and resistance to temperature fluctuations. HPPE chains absorb and redistribute thermal energy, mitigating localized stress and reducing the likelihood of crack formation.

3.3 Mechanical Properties Mechanical testing showed enhanced elasticity and deformation resistance. The modified bitumen stretches under load without permanent deformation, while ductility measurements indicated reduced brittleness at low tempe-ratures, important for road pavements subjected to cyclic loading.

Conclusion

High-pressure polyethylene is an effective modifier for petroleum bitumen. Benefits include increased mechanical strength, improved thermal stability, greater elasticity, and the formation of stable composites. Polymer-modified bitumen offers a promising solution for modern engineering applications in road construction and industrial materials, with extended lifespan and reduced maintenance needs.

REFERENCES

[1] Abbasov V.M., Samedova F.I., Ismayilova T.A., Hasanov E.K., Babayeva B.A. Studyof amidoamines and Ca naphthenateas additives to road pp.625-637 bitumen. Mir nefteproduktov, 2014, No.10, pp.20-23

[2] Aliyeva L.I., Afandiyeva L.M., Musaly V.Kh., Hasanov E.K., Salmanova Ch.G. Nitrogen-containing derivatives of synthetic naphthenic acids as additives to road bitumen.Uzbekskiy khimicheskiy zhurnal,2020,No.4,pp.85-89

[3] Toshmahmazoda A. modification of bitumen with polymers additives, secondary raw materials and by-products of the industry. Doklady Akademii Nauk Respubliki Tajikistan, 2022, Vol. 65, No.3-4, pp. 248-253

[4] Dogan M., Bayramli E. Effect of polymer additives and process temperature on the physical properties of bitumen-based composites. Journal of Applied Polymer Science, 2009, Vol.113, No.4, pp. 2331-2338

[5] Leylufer I. Aliyeva, Sanan S. Goyushli,Production and application of polymer-modified bitumen compositions, Proc.of Petrochem.and Oil Refining,2026,V.27, №2б,pp.625-637.

ELASTOPLASTİK DƏYİŞTİRİCİLƏRİN İŞTİRAKI İLƏ NEFT BITUMUNUN TƏKMİL EDİLMƏSİ

Əliyeva L.I., Göyüşlü S.S., Bayramzadə N.İ.

Xülasə

Neft bitumu müasir sənayedə, xüsusilə yol örtüklərinin hazırlanmasında və suya davamlılıq sistemlərində geniş istifadə olunan bağlayıcı materiallardan biridir. Bitumun geniş istifadəsi əsasən onun iqtisadi səmərəliliyi, əlçatanlığı və emalının asan olması ilə bağlıdır. Lakin ənənəvi bitum uzunmüddətli mexaniki yük, ağır nəqliyyat vasitələri və sərt ətraf mühit şərtləri altında tələb olunan performans kriteriyalarına həmişə cavab vermir. Buna görə, bitumun fiziki, mexaniki və istilik xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılması elmi və texnoloji baxımdan mühüm məsələdir. Bu işdə bitum elastoplastik polimer—yüksək təzyiqli polietilen (HPPE) ilə modifikasiya edilmişdir. Polimer əlavələrinin daxil edilməsi materialın mexaniki möhkəmliyini, istilik dayanıqlığını, elastikliyini və deformasiya müqavimətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Həmçinin, bitum və polimer arasında struktural qarşılıqlı təsirlər daha stabil və davamlı kompozit sistemin formalaşmasına kömək edir.

IMPROVEMENT OF PETROLEUM BITUMEN WITH THE PARTICIPATION OF ELASTOPLASTIC MODIFIERS

L.I. Aliyeva, S.S. Goyushlu, N.I. Bayramzada

Abstract

Petroleum bitumen is one of the most widely used binding materials in modern

industry, with applications ranging from road pavement construction to waterproofing systems. The wide utilization of bitumen is largely due to its cost-effectiveness, availability in large quantities, and ease of processing into various forms. Despite these advantages, conventional bitumen exhibits certain limitations that reduce its performance under demanding conditions such as long-term mechanical loads, heavy vehicular traffic, extreme temperature variations, and other environmental factors. These limitations include high-temperature softening, low-temperature brittleness, and susceptibility to fatigue damage over time. Therefore, research into improving the physical, mechanical, and thermal properties of bitumen is of high practical and scientific importance.

In this study, petroleum bitumen was modified using an elastoplastic polymer, specifically high-pressure polyethylene (HPPE). The incorporation of HPPE into the bitumen matrix was found to enhance its mechanical strength, thermal resistance, elasticity, and overall deformation stability. Structural interactions between bitumen and the polymer phase contributed to the formation of a more homogeneous and durable composite system. Comprehensive analysis through thermal and mechanical testing indicated that polymer modification significantly extends the service life of bitumen-based materials while broadening their potential for use in modern construction and industrial applications.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОЦИДНЫХ ИНГИБИТОРОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

[1]Ибрагимова М.Д., [1,2]Сеидова С.А., [1,2] Агамалиева Д.Б., [1]Юсифзаде Ф.Ю.
[1]Институт Нефтехимических Процессов,
[2]Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

Ключевые слова: *Экстракционная очистка, ингибиторы, экстракт, сульфатредуцирующие бактерии.*
Keywords: *Extraction, inhibitor,; extract, sulfate-reducing bacteria.*
Açar sözlər: *Ekstraksiya, inhibitorlar, ekstrakt, sulfatreduksiyaedici bakteriyalar.*

В процессе экстракционной очистки нефтяных фракций наряду с получением рафината, характеризующегося пониженным содержанием ароматических, серо- и азотсодержащих соединений, образуется побочный продукт-экстракт[1-3]. Экстракт представляет собой сложную многокомпонентную систему, обогащённую ароматическими углеводородами, гетероатомными соединениями (в первую очередь серосодержащими и азотсодержащими компонентами), а также смолисто-асфальтеновыми веществами. Его химический состав и высокая концентрация реакционноспособных компонентов открывает широкие возможности для целенаправленного использования в качестве сырья для получения функциональных продуктов.В рамках современных подходов, соответствующих принципам «зелёной химии» и ресурсосбережения, особый интерес представляет вовлечение экстракта в дальнейшие химические превращения с целью получения соединений с заданными эксплуатационными свойствами. В частности, наличие ароматических структур и гетероатомов (S, N) делает экстракт перспективной реакционной средой для синтеза поверхностно-активных и биоцидных веществ.

Предлагаемый подход основан на последовательной химической модификации компонентов экстракта. На первом этапе осуществляется процесс сульфирования, в результате которого в структуру органических соединений вводятся функцио-нальные сульфогруппы. Это способствует повышению полярности и реакционной способности исходных компонентов. Далее проводится стадия конденсации, обеспечивающая формирование более сложных молекулярных структур с улучшен-ными функциональ-ными характеристиками.

На следующем этапе осуществляется нейтрализация полученных продуктов с образованием солей на основе различных аминов, в том числе н-бутиламмония, этиламмония, дипропиламмония, триэтиламмония и других. Образующиеся аммонийные соли представляют собой катионные поверхностно-активные вещества, обладающие выраженной адсорбционной способностью и высокой биологической активностью. Полученные соединения легко растворимы в водной и водно-спиртовой среде, что обеспечивает удобство их практического применения.

Первичные исследования показали возможность эффективного использования синтезированных соединений в качестве ингибиторов сульфатредуцирующих бактерий, жизнедеятельность которых является одной из основных причин биокоррозии оборудования в нефтегазовой промышленности, а также образования сероводорода, ухудшающего качество сырья и эксплуатационные характеристики технологических систем. Механизм действия полученных ингибиторов обусловлен их катионной природой, обеспечивающей взаимодействие с клеточными мембранами микроорганизмов, а также наличием ароматических и серосодержащих фрагментов, усиливающих токсическое воздействие на бактериальные клетки.

Предложенная технологическая схема позволяет рассматривать экстракт экстракционной очистки не как отход, а как ценное химическое сырьё для получения функциональных продуктов. Реализация данного подхода способствует повышению эффективности переработки нефтяных фракций, снижению экологической нагрузки и созданию интегрированных безотходных технологий, соответствующих современным требованиям устойчивого развития и принципам «зелёной химии».

ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ибрагимова М.Д., Сеидова С.А., Агамалиева Д.Б., Абдуллаева Х.А. Ингибитор коррозии на основе побочного продукта процесса ионно-жидкостной экстракционной очистки дизельной фракции // Между научно-практическая конференция, посвященная памяти академика А.Х.Мирзаджанзаде,24-27 августа, 2023, с. 87.

[2] Ibrahimova M. D.,Seidova S. A.,Huseynov H. J,Alieva S.G., Jafarova R.A. Extractive purification of diesel distillate using selective «green» solvents // Processes of petrochemistry and oil refining, 2022, Vol.23, No 4, p. 621-627.

[3] Seidova S. A., Ibrahimova M. D., Abbasov V. M., Huseynov H. J, Yolchuyeva U. J., Akhmedbekova S. F. Ionic liquid extraction as an effective alternative in the process of dearomatization of petroleum oils // SOCAR Proceedings, 2024, No.3, p. 107-112.

ПОЛУЧЕНИЕ БИОЦИДНЫХ ИНГИБИТОРОВ НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ОЧИСТКИ НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ

Ибрагимова М.Д., Сеидова С.А., Агамалиева Д.Б., Юсифзаде Ф.Ю.

Абстракт

Предложена схема химической переработки экстракта экстракционной очистки нефтяных фракций, включающая стадии сульфирования, конденсации и получения аммонийных солей. Установлено, что синтезированные соединения обладают выраженными биоцидными свойствами и могут эффективно применяться в качестве ингибиторов сульфатредуцирующих бактерий, вызывающих биокоррозию в нефтегазовых системах.

OBTAINING BIOCIDAL INHIBITORS BASED ON AN EXTRACT FROM THE EXTRACTION OF OIL FRACTIONS

Ibragimova M.D., Seidova S.A., Agamalieva D.B., Yusifzade F.Yu.

Abstract

A scheme for the chemical processing of the extract obtained from the extraction purification of petroleum fractions is proposed, including the stages of sulfonation, condensation, and production of ammonium salts. It has been established that the synthesized compounds exhibit pronounced biocidal properties and can be effectively used as inhibitors of sulfate-reducing bacteria causing biocorrosion in oil and gas systems.

NEFT FRAKSİYA EKSTRAKTLARI ƏSASINDA BİOSİDAL İNHİBİTORLARIN ALINMASI

İbragimova M.D., Seydova S.A., Ağamalıyeva D.B., Yusifzadə F.Y.

Xülasə

Neft fraksiyalarının ekstraksiya üsulu ilə təmizlənməsi nəticəsində alınan ekstraktın kimyəvi emalı üçün sulfollaşma, kondensasiya və ammonium duzlarının alınması mərhələlərini əhatə edən sxem təklif olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, sintez olunmuş birləşmələr yüksək biosid xassələrə malikdir və neft-qaz sistemlərində biokorroziyaya səbəb olan sulfatreduksiyaedici bakteriyalara qarşı inhibitor kimi effektiv tətbiq oluna bilər.

ANALYSIS OF FRICTION STABILITY OF ORGANIC FRICTION COMPOSITE MATERIALS USING THE ANOVA APPROACH

Yusubov F.F.

Azerbaijan State University of Oil and Industry

fikratyusub@gmail.com

Keywords: *Powder metallurgy, composite materials, friction, wear, tribology, multifactorial experiment, ANOVA*

Açar sözlər: *Ovuntu metallurgiyası, kompozit materiallar, sürtünmə, yeyilmə, tribologiya, çoxamilli təcrübə, ANOVA*

Ключевые слова: *Металлургия сплавов, композитные материалы, трение, износ, трибология, многомерный эксперимент, ANOVA*

Brake systems are among the most important components of any operating equipment. During braking, the brake pad creates frictional resistance against the device's rotating element, thereby slowing or stopping the motion. Brake pad composition materials are among

the most structurally complex materials and consist of binders, fillers, modifiers, and other constituent elements[1]. When designing brake system materials, stable friction characteristics, durability, and noise and vibration minimization are considered essential requirements. High wear resistance during friction and the ability to retain physical and mechanical properties at elevated temperatures enable these materials to operate in heavily loaded tribological systems [2]. The tribological properties of contact materials continuously change during braking, depending on various factors.

In this study, the friction performance of newly developed asbestos-free composite materials prepared by powder metallurgy methods was investigated. The preparation of the samples involved the following technological sequence: mechanical mixing, pre-forming (10 MPa), hot pressing (160°C, 25.5 MPa), and curing (at 160°C for 5 hours). The composition of the material was determined as 25% barite, 25% phenolic resin, 7% aluminum dioxide, 5% synthetic wollastonite, 10% lead, 10% tin, 7% copper-graphite (80%Cu20%C), 5% silicon dioxide, and small amounts of magnesium oxide and molybdenum disulfide. The specimens for tribological testing were prepared as cylindrical composites with a length of 12.5 mm and a diameter of 4.8 mm.

The tribological properties of the obtained samples were studied on a vertical MMW-1 machine using a pin-on-disc test setup. Low carbon steel was used as the counterbody material. In optimal experimental design methods, regression or correlation analyses based on static process analysis reduce the number of experiments required, thereby saving time and material resources [3]. For this reason, optimal experimental design methods were employed to evaluate the tribological performance of the newly developed friction materials.To determine the optimal operating parameters and identify the main criteria affecting the materials' friction coefficient, the results were statistically analyzed in MINITAB 19 using the Taguchi method. Information on the process parameters and their levels is presented in Table.

Table 1.

Process parameters and their levels.

Factors	Code	Units	Level I	Level II	Level III
Contact pressure	X_1	MPa	1.9	5.75	9.6
Sliding speed	X_2	m/san	0.64	1.57	2.5
Number of cycles	X_3	n	10000	20000	30000

The main criteria used in the planning of the experiments were taken as X_1 – contact pressure (MPa), X_2 – sliding speed (m/s), and X_3 – number of cycles. According to the accepted full-factor experimental design method, the number of experiments was taken as 27 [4]. To determine the optimum regimes of the friction coefficient, the signal-to-noise ratio, which reflects disturbances causing deviations from the normal operating regime of the process, was calculated using the logarithmic loss function according to the standard “larger is better” criterion. Analysis of variance (ANOVA) of the experimental results helped identify the factors affecting the friction coefficient (Fig.1).

The analyses were carried out under standard conditions, namely at a significance level

of α = 0.05 and a confidence level of 95%. According to this principle, the influence percentages were arranged in the following order: contact pressure: 39.00%, sliding speed: 28.48% and number of cycles: 24.34% (Fig.2).

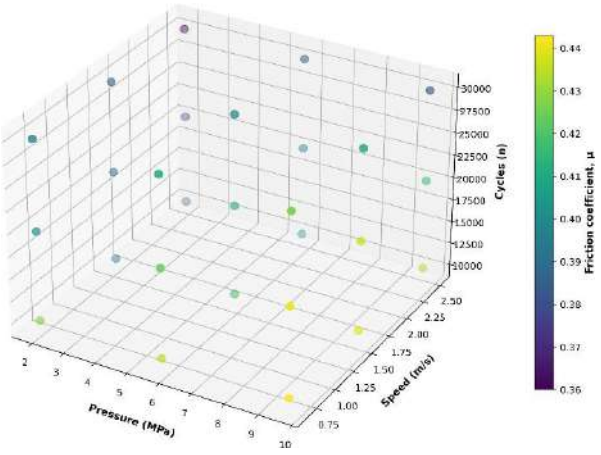


Figure 1.3D Plot of L27 experimental resultsfor the friction coefficient

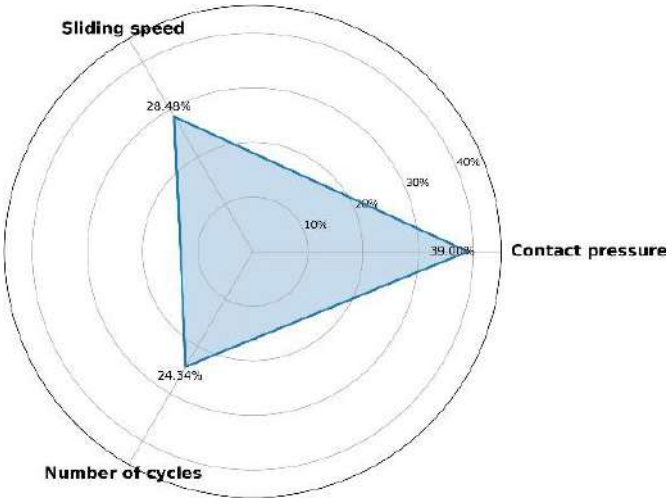


Figure 2. Radar chart of factor contributions.

The highest friction coefficient, μ = 0.443, was obtained in Run 19 at a pressure of 9.6 MPa, a speed of 0.64 m/s, and 10,000 cycles.The worn surface corresponding to the highest friction coefficient (μ = 0.443) exhibits compacted bright regions, dark cavities, and fragmented areas (Fig.3).The bright smeared patches likely indicate the formation of a compacted tribolayer and locally flattened contact plateaus produced during sliding. These regions suggest strong interfacial interaction and mechanical compaction of wear debris under high contact pressure, which can contribute to a relatively high and stable friction response. At the same time, the presence of dark rounded voids and discontinuous zones points to local particle pull-out, pore exposure, or detachment of weakly supported constituents. Such features indicate that the wear process involves a combination of adhesion, compaction, micro-fracture, and delamination.

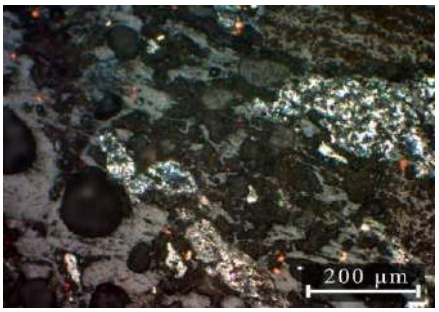


Figure 3. Worn surface morphology of the brake composite corresponding to the highest friction coefficient.

Among the interaction terms, the most significant one was the pressure–cycles combination ($X_1 \times X_3$), which accounted for 1.70%.Based on the ANOVA results, a linear regression equation was developed to establish a correlation among the significant factors, and the following equation was obtained for the friction coefficient and wear intensity:

$$Y = 0.43021 + 0.00482\ X_1 - 0.01452\ X_2 - 0.000001\ X_3 + 0.000582\ X_1 \times X_2$$

The adequacy of the model obtained from the linear regression equation is shown in Fig.4.

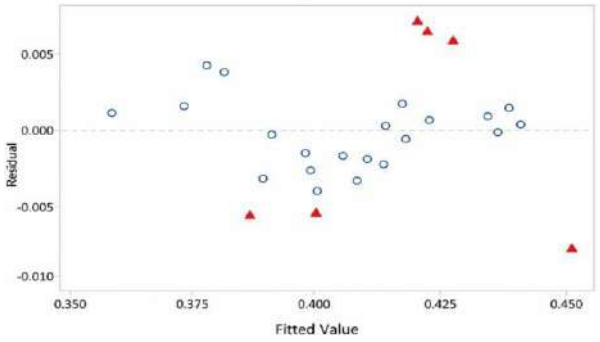


Figure 4. Residual distribution graph between experimental and predicted values for the friction coefficient.

The graph shows that the negative residual values are arranged vertically below the zero line, while the positive values are located above it along the ordinate axis. According to the accepted scatter clusters, the results demonstrate the model's adequacy. Indeed, in adequate models, residual values are usually characterized by dispersion in different directions above and below the zero line. The largest deviations in the graph are marked with red points corresponding to rows 1, 3, 19, 21, 25, and 27 in the design matrix.

REFERENCES

1. Wang, Q., Wang, Z., Mo, J., Gebreyohanes, M.Y., Wang, R. and Allen, P., 2022. A novel dynamics model of a trailer bogie brake system and its application in stability analysis. Mechanical Systems and Signal Processing, 172, p.108966.

2. Ilie, F. and Cristescu, A.C., 2022. Tribological behavior of friction materials of a disk-brake pad braking system affected by structural changes A review.Mat,15(14), p.4745.

3. Saurabh, A., Joshi, K., Manoj, A. and Verma, P.C., 2022. Process optimization of automotive brake material in dry sliding using taguchi and ANOVA techniques for wear control. Lubricants, 10(7), p.161.

ANALYSIS OF FRICTION STABILITY OF ORGANIC FRICTION COMPOSITE MATERIALS USING THE ANOVA APPROACH

Yusubov F.F.

Abstract

This paper examines the friction behavior of polymer-based composite materials containing metallic particles and manufactured by powder metallurgy techniques. Multifactor experimental methods were employed to evaluate the friction process. Friction tests were performed using a pin-on-disc configuration. Based on the experimental results, a mathematical model was developed and the main influencing factors were identified.

ANOVAYANAŞMASI İLƏ ÜZVİ TƏRKİBLİ FRİKSİON KOMPOZİSİYA MATERİALLARININ SÜRTÜNMƏ STABİLLİYİNİN TƏHLİLİ

Yusubov F.F.

Xülasə

Bu məqalədə ovuntu metallurgiya metodları vasitəsilə metal hissəcikləri qatılmış polimer əsaslı kompoziya materialların sürtünmə prosesinin örənilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Sürtünmə prosesinin qiymətləndirmək üçün çoxamilli təcrübə metodlarından istifadə edilmişdir. Sürtünmə sınaqları "barmaqcıq-disk" mexanizmi əsasında aparılmışdır. Alınmış nəticələr əsasən riyazi model qurulmuş, təsiredici amillər müəyyənləşdirilmişdir.

АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ТРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДА ANOVA

Юсубов Ф.Ф.

Аннотация

В данной статье исследован процесс трения полимерных композиционных материалов, армированных металлическими частицами, полученных методом порошковой металлургии. Для оценки процесса трения использованы методы многофакторного планирования экспериментов. Трибологические испытания проводились по схеме «палец-диск». На основе полученных экспериментальных результатов построена математическая модель и определены основные факторы, влияющие на процесс трения.

TƏBİİ TRİQLİSERİDLƏRLƏ CALAQ OLUNMUŞ MONOALKİL(C_8-C_{12}) FENOLFORMALDEHİD OLİQOMERLƏRİ ƏSASINDA ÖRTÜKƏMƏLƏ GƏTİRİCİLƏRİN AQRESSİV MÜHİTLƏRƏ DAVAMLIĞININ TƏDQİQİ

Əmiraslanova M.N., Məmmədzadə F.A., Rüstəmov R.Ə., Əliyeva Ş.R., İsayeva P.E., Bayramova T.D.

Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

amenzer@mail.ru

Açar sözlər: *Təbii triqliseridlər, monoalkil(C_8-C_{12})fenolformaldehid oliqomerləri, ötrükəmələgətirici, aqressiv mühit, soya yağı.*

Key words: *Natural triglycerides, monoalkyl(C_8-C_{12})phenolformaldehyde oligomers, film-forming material, aggressive environment, soybean oil.*

Ключевые слова: *Природные триглицериды, моноалкил(C_8-C_{12})фенол формальдегидные олигомеры, плёнкообразующий, агрессивная среда, соевое масло.*

Yağlarla modifikasiya olunmuş fenolformaldehid oliqomerlərinin əsasən korroziya

əleyhinə astar boya və örtüklərin alınmasında və çox zaman gəmilərin, qayıqların su ilə təmasda olan hissələrinin işlənməsində istifadə olunduğu məlumdur. Alkil- və aril-fenol qatranlarının bitki yağları ilə (tunq, kətan, gənəgərçək yağı) yüksək temperaturda qarşılıqlı təsirindən parlaq, hamar, bircinsli örtük təbəqələri əmələ gətirən kompozisiyaların alınması mümkündür.

Bitki yağları ilə qarşılıqlı təsirin əsasını onların tərkibində olan təbii triqliseridlərlə baş verən reaksiyalar təşkil edir [1]. Oksidləşdirici mühitdə (atmosfer şəraitində) bitki yağlarının tərkibini əsasən təşkil edən mürəkkəb efirlərin – triqliseridlərin strukturuna daxil olan ikiqat rabitələrin oksidləşmə prosesində iştirakı, alınan reaksiya qabiliyyətli funksional qrupların əvəzlənmiş fenolformaldehid oliqomerlərinin makromolekullarındakı müvafiq qrup və fraqmentlərlə (hidroksil, metilol, nüvədəki mütəhərrik H atomları və s.) qarşılıqlı təsiri baş verir.

Bunları nəzərə alaraq, soya yağı ilə işlənmiş azot saxlayan (oliqomerin modifi-kasiyası məqsədilə benzoquanamindən istifadə olunmuşdur) monoalkil(C_8-C_{12}) fenol formaldehid oliqomerləri sintez edilmiş, onların solventdə 50%-li məhlulları əsasında örtüklərin yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik olduğu müəyyən edilmişdir [2]. Soya yağı ilə calaq olunmuş azot saxlayan monoalkil (C_8-C_{12})fenolformaldehid oliqomerləri əsasında örtük əmələgətiricilərin müxtəlif həlledicilərin statik təsirinə davamlılığı tədqiq edilmişdir (ГОСТ 9.403-80. Örtüyün aqressiv mühitlərə davamlılığı). Bunun üçün şüşə və metal (Polad-3 markalı) səthlər üzərində örtüklər hazırlanaraq həlledicilərə yerləşdirilmiş, vizual müşahidələr aparılmış, qravimetrik fərqlər hesablanmışdır. Örtükəmələgətirici tərkiblər olaraq yüksək fiziki-mexaniki xassələrə malik olan nümunələr seçilmişdir. Tədqiqat üçün polyar və qeyri-polyar üzvi həlledicilərdən – etil spirti, aseton, benzol, toluol, benzin, birbaşa qovulmuş kerosin, təmizlənmiş kerosin, birbaşa qovulmuş dizel yanacağı, müxtəlif sulardan – distillə suyu, içməli su, dəniz suyu, qeyri-üzvi birləşmələrin suda məhlullarından – H_2SO_4 turşusunun, KOH qələvisinin, NaCl və $NaSO_4$ duzlarının suda 3 %-li məhlulları, sulu (5%) və susuzlaşdırılmış (0,3%) Binəqədi nefti nümunələrindən istifadə edilmişdir.

Metal səthlər üzərindəki örtük nümunələri qeyri-üzvi birləşmələrin suda məhlularına yerləşdirilərkən örtükdən kənarda və maye ilə təmasda olan metal səthin korroziyası baş verir və zamanla dərinləşir, KOH-ın suda 3%-li məhlulunda örtüklərin üç (şüşə səthdə) və beş (metal səthdə) sutkadan sonra səthdən soyulması, H_2SO_4 turşusunun suda 3%-li məh-lulunda isə beş sutkadan sonra örtüyün kənarlarında zəif qabarma və qaralma müşahidə olunur. Üzvi həlledicilərə yerləşdirilmiş örtüklər heç bir dəyişikliyə uğramamişdir.

Şüşə səthlərdə həlledicilərə yerləşdirilmiş örtük nümunələrinin zamandan asılı olaraq qravimetrik fərqlərinin hesablanması nəticəsində məlum olmuşdur ki, onlar əsasən ionlaşan və polyar mühitlərdə daha davamlıdır, belə ki, H_2SO_4 turşusunun 3%-li suda məhlulunda 24 saat ərzində kütlə itkisi 0,16%, KOH və Na_2SO_4 -ın 3%-li suda məhlulunda 0%, müxtəlif sularda (içməli, distillə, dəniz suyu) əsasən 0-2,9% təşkil etmiş, NaCl-in 3%-li suda

məhlulunda isə 0,56% kütlə artımı qeydə alınmışdır. Qeyri-polyar üzvi həlledicilərdə (benzol, toluol), neft və neft məhsullarında (sulu, susuz neftlər, benzin, kerosin, dizel yanacaqları) və polyar üzvi həlledicilərdə (etil spirti) kütlə itkisi 13.15-22,30% intervalında dəyişmişdir, zaman keçdikcə (3 sutka, 10 sutka) nəzərə çarpan fərqlər müşahidə olunmamışdır. Tədqiqat nəticələri soya yağı ilə işlənmiş azot saxlayan monoalkil (C_8-C_{12}) fenolformaldehid oliqomerləri əsasında örtüklərin metal səth üzərində nümunə-lərinin üzvi həlledici mühitlərində, şüşə səth üzərində nümunələrinin isə qeyri-üzvi birləşmələrin (turşu, əsas, duz) suda kiçik qatılıqlı məhlullarında daha davamlı olduğunu göstərir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əmiraslanova M.N., Mustafayev A.M., Rüstəmov R.Ə., İbrahimova M.C., İsayeva P.E., Əliyeva Ş.R., Əhmədbəyova S.F. Təbii triqliseridlərlə calaq olunmuş azot saxlayan monoalkil(C_8-C_{12})FFO qoruyucu örtük materialı kimi // Az. Patenti № İ 2016 0067 (2016)
2. Амирасланова М.Н., Мустафаев А.М., Рустамов Р.А., Исаева П.Э., Алиева Ш.Р., Касумзаде Э.А., Ахмедбекова С.Ф., Мамедзаде Ф.А., Алиева А.П. Синтез азот-содержащих фенолформальдегидных олигомеров, привитых с растительными маслами // Пластические массы, 2017, № 3-4, стр. 28-31

TƏBİİ TRİQLİSERİDLƏRLƏ CALAQ OLUNMUŞ MONOALKİL(C_8-C_{12}) FENOLFORMALDEHİD OLİQOMERLƏRİ ƏSASINDA ÖRTÜKƏMƏLƏ GƏTİRİCİLƏRİN AQRESSİV MÜHİTLƏRƏ DAVAMLIĞININ TƏDQİQİ

Əmiraslanova M.N., Məmmədzadə F.A., Rüstəmov R.Ə., Əliyeva Ş.R., İsayeva P.E., Bayramova T.D.

Xülasə

Bitki yağları ilə modifikasiya olunmuş monoalkil(C_8-C_{12})fenolformaldehid oliqo-merlərinin korroziya əleyhinə qoruyucu örtük materialları kimi istifadə olunması imkanları nəzərdən keçirilmişdir. Soya yağı ilə işlənmiş azot saxlayan (benzoquanaminlə modi-fikasiya olunmuş) monoalkil (C_8-C_{12}) fenolformaldehid oliqomerləri sintez edilmiş, onla-rın solventdə 50%-li məhlulları əsasında örtüklərin müxtəlif həlledicilərin statik təsirinə davamlılığı tədqiq edilmişdir. Sınaqlarda polyar və qeyri-polyar üzvi həlledicilərdən, eləcə də fərqli minerallığa malik sulardan, qeyri-üzvi birləşmələrin suda məhlullarından, neft nümunələrindən istifadə edilmişdir. Nəticədə metal səth üzərində örtüklərin üzvi həlledici mühitlərində, şüşə səth üzərində örtük materiallarının isə qeyri-üzvi birləşmələrin (turşu, əsas, duz) suda kiçik qatılıqlı məhlullarında daha davamlı olduğu müəyyən edilmişdir. Bu tərkiblər müvafiq aqressiv mühit şəraitində qoruyucu örtük kimi tövsiyə olunur

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ МОНОАЛКИЛ (C_8-C_{12})ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ, ПРИВИТЫХ С ПРИРОДНЫМИ ТРИГЛИЦЕРИДАМИ, К АГРЕССИВНЫМ СРЕДАМ

Амирасланова М.Н., Мамедзаде Ф.А., Рустамов Р.А., Алиева Ш.Р., Исаева П.Е., Байрамова Т.Д.

Резюме

Рассмотрена возможность использования моноалкил(C_8-C_{12})фенол формальдегидных олигомеров, модифицированных растительными маслами, в качестве антикоррозионных защитных покрытий. Синтезированы функционализированные бензогуанамином с последующей обработкой соевым маслом моноалкил(C_8-C_{12}) фенол формальдегидные олигомеры, изучена устойчивость покрытий на основе их 50%-ных растворов в сольвенте к статическому воздействию различных раство-рителей. В испытаниях использован ряд полярных и неполярных органи-ческих растворителей а также воды различной минерализации, водные растворы неоргани-ческих соединений и образцы нефтей. Установлено, что покрытия на металлических поверхностях более устойчивы к воздействию органических растворителей, тогда как покрытия на стеклянных поверхностях более устойчивы к водным растворам неорганических соединений (кислот, оснований, солей) с низкой концентрацией. Данные составы можно рекомендовать в качестве защитных покрытий в соответ-ствующих агрессивных средах.

STUDY OF THE RESISTANCE OF COATINGS BASED ON MONOALKYL (C_8-C_{12}) PHENOL FORMALDEHYDE OLIGOMERS GRAFTED WITH NATURAL TRIGLYCERIDES TO AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Amiraslanova M.N., Mamedzade F.A., Rustamov R.A., Alieva Sh.R., Isaeva P.E., Bayramova T.D.

Summary

The possibility of using monoalkyl(C_8-C_{12}) phenolformaldehyde oligomers modified with vegetable oils as anti-corrosion protective coatings is considered. Monoalkyl(C_8-C_{12}) phenol formaldehyde oligomers functionalized with benzoguanamine and subsequently treated with soybean oil were synthesized, and the resistance of coatings based on their 50% solutions in solvent to the static effects of various solvents was studied. The tests used a number of polar and non-polar organic solvents, as well as waters of varying mineralization, aqueous solutions of inorganic compounds and oil samples. It has been established that coatings on metal surfaces are more resistant to the effects of organic solvents, while coatings on glass surfaces are more resistant to low-concentration aqueous solutions of inorganic compounds (acids, bases, salts). These compositions can be recommended as protective coatings in corresponding aggressive environments.

TEXNİKİ NEFT TURŞULARI ƏSASINDA SİNTEZ OLUNMUŞ Ni VƏ Co TƏRKİBLİ SƏTHİ AKTİV KOMPOZİSİYALARIN NEFT–SU SİSTEMLƏRİNDƏ NEFTYIĞMA QABİLİYYƏTİNİN EKSPERİMENTAL TƏDQİQİ

Həsənov E.K., Təmrazlı T.T., Əlizadə R.A., Qasımov V.C., Abbasova X.A.
ARETN, Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
rufana.alizada93@gmail.com

Açar sözlər: *Texniki neft turşuları, reagentlər, neftyığma, metal duzları.*

Neft və neft məhsullarının hasilatı, nəqli və emalı proseslərinin intensiv inkişafı fonunda su hövzələrinin neftlə çirklənməsi müasir dövrdə ən ciddi ekoloji problemlərdən biri kimi qiymətləndirilir. Xüsusilə dəniz və okean akvatoriyalarında baş verən neft sızmaları su ekosistemlərinə, bioloji müxtəlifliyə və sahilyanı iqtisadi fəaliyyətlərə əhəmiyyətli mənfi təsir

göstərir. Neftin su səthində nazik təbəqə şəklində yayılması onun fiziki yolla yığılmasını çətinləşdirir, bu isə effektiv və operativ texnoloji həllərin tətbiqini zəruri edir.[1,2]

Bu baxımdan neftin su səthində yayılmasının qarşısını alan və onun daha kompakt sahədə toplanmasını təmin edən səthi aktiv maddələrin və xüsusi kimyəvi reagentlərin işlənib hazırlanması mühüm elmi-praktik əhəmiyyət kəsb edir. Belə maddələr, adətən, su–neft sərhədində səthi gərilməni dəyişdirərək neft ləkəsinin diametrinin azalmasına və qalınlığının artmasına səbəb olur. Nəticədə neft daha lokal sahədə toplanır və sonrakı mərhələdə mexaniki üsullarla yığılması asanlaşır. [3,4]

Neft ləkələrinin aradan qaldırılmasında istifadə olunan reagentlərin real şəraitdə tətbiq imkanlarının qiymətləndirilməsi üçün onların həm texniki suda, həm də dəniz suyunda davranışının müqayisəli şəkildə öyrənilməsi xüsusi əhəmiyyət daşıyır.[5] Dəniz suyunun yüksək mineralizasiyası səthi aktiv maddələrin təsir mexanizmini dəyişə və onların effektivliyini müəyyən dərəcədə azalda bilər. Buna görə də müxtəlif mühitlərdə rea-gentlərin stabilliyinin və aktivliyinin qiymətləndirilməsi aktual məsələlərdən biridir.[6,7]

Müasir tədqiqatlarda neftyığma qabiliyyətinə malik aşqarlar arasında səthi aktiv xüsusiyyətə malik metal birləşmələr xüsusi yer tutur. Xüsusilə təbii neft turşuları əsasında sintez olunmuş metal duzlarının (Ni, Co və s.) yüksək aktivlik göstərdiyi və neftin su səthində yığılmasını effektiv şəkildə təmin etdiyi müəyyən edilmişdir. Bu birləşmələrin effektivliyi onların kimyəvi quruluşu, metal mərkəzinin təbiəti, eləcə də istifadə olunan karbohidrogen fraksiyasının xüsusiyyətləri ilə sıx bağlıdır. Eyni zamanda, reagentlərin fəaliyyətinə mühitin xüsusiyyətləri, xüsusilə suyun duzluluğu və ion tərkibi də təsir göstərir.

Bu işin məqsədi texniki neft turşularının müxtəlif temperatur fraksiyaları əsasında sintez olunmuş Ni və Co tərkibli səthi aktiv kompozisiyaların Salyan nefti üçün neftyığma qabiliyyətinin eksperimental tədqiqi və texniki su ilə dəniz suyu mühitlərində müqayisəli təhlilinin aparılmasıdır. Tədqiqat çərçivəsində müxtəlif tərkibli reagentlərin neft ləkəsinin diametrinə təsiri öyrənilmiş, zaman faktorunun rolu qiymətləndirilmiş və ən effektiv kompozisiyalar müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 1.

Reagentlərin Salyan nefti ilə texniki suda neftyığma qabiliyətinin sınaqlarının nəticələri.

Nümunələr	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Petri çaşkas. diametri, mm-lə	9,8	9,3	9,1	8,8	8,8	9,1
Toplanmış neftin diametri, mm-lə	9,6	9,1	9,0	8,5	8,5	9,0
Reagent veril. sonra diamtri, mm-lə	2,8	4,2	4,0	2,9	3,1	2,8
24 saat müdətdən sonra diametri, mm-lə	2,9	4,5	4,1	3,0	3,1	2,9
56 saat müdətdən sonra diametri, mm-lə	2,9	4,5	4,1	3,0	3,1	3,0
104 saat müdətdən sonra diametri, mm-lə	2,9	4,5	4,1	3,0	3,1	3,0
Reagentlərin naftalan neftində neftyığma qabiliyətinin effektivliyi , %-lə	69,8	50,55	54,45	64,71	63,53	66,67

Cədvəl 2.

Reagentlərin Salyan nefti ilə dəniz suyunda neftyığma qabiliyətinin sınaqlarının nəticələtri

Nümunələr	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Petri çaşkas. diametri, mm-lə	9,6	9,6	9,1	8,8	9,3	9,1
Toplanmış neftin diametri, mm-lə	9,3	9,4	9,0	8,5	9,1	9,0
Reagent veril. sonra diamtri, mm-lə	2,9	4,4	4,1	3,1	3,2	2,9

24 saat müdətdən sonra diametri, mm-lə	3,1	4,6	4,2	3,2	3,2	3,1
56 saat müdətdən sonra diametri, mm-lə	3,1	4,6	4,3	3,2	3,3	3,1
104 saat müdətdən sonra dia-metri, mm-lə	3,1	4,6	4,3	3,2	3,3	3,1
Reagentlərin naftalan neftində neftyığma qabiliyətinin effektiv-liyi , %-lə	66,67	51,07	47,77	62,36	63,74	65,56

Qeyd:

№1 : İPS-28,5qr + TNT-nin 200-280ºC fr. əsasında Ni duzu -1,5qr
№2: İPS-28,5qr + TNT-nin 280-340ºC fr. əsasında Ni duzu -1,5qr
№3: İPS-28,5qr + TNT-nin 340-410ºC fr. əsasında Ni duzu -1,5qr
№4 : İPS-28,5qr + TNT-nin 200-280ºC fr. əsasında Co duzu -1,5qr
№5: İPS-28,5qr + TNT-nin 280-340ºC fr. əsasında Co duzu -1,5qr
№6 (T) : İPS-28,5qr + TNT-nin 340-410ºC fr. əsasında Co duzu -1,5qr

ƏDƏBİYYAT

1. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. – 5th ed. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 944 p.

2. Gary J.H., Handwerk G.E. Petroleum Refining: Technology and Economics. – New York: Marcel Dekker, 2001. – 488 p.

3. NOAA. Oil Herding Agents and Their Role in Oil Spill Response. – U.S. Department of Commerce, 2016.

4. Fingas M. Oil Spill Science and Technology.– Gulf Professional Publishing, 2011. – 1192 p.

5. Li Y., Chen G. Recent Advances in Oil Spill Treat Us. Surfac // Water. 2019. Vol.11.No.2. p.312.

6. Abbasov V.M., Əliyev C.S. Neft kimyasında səthi aktiv maddələr. – Bakı, 2010.

7. Putko A.E., Kitsis S.I. Electrification of petroleum products in pipelines. – Tyumen, 2003.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СОСТАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ Ni И Co, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НЕФТЯНЫХ КИСЛОТ В СИСТЕМАХ МАСЛО-ВОДА

Хасанов Е.К., Тамразли Т.Т., Ализаде Р.А., Гасимов В.С., Аббасова Х.А.

Резюме

В данной работе исследована нефтесобирающая способность поверх-ностно-активных металлоорганических композиций на основе солей никеля и кобальта, синтезированных из различных температурных фракций технических нефтяных кислот, для нефти Сальянского месторождения. В качестве исходного сырья использовались фракции, выделенные в интервалах температур 200–280°C, 280–340°C и 340–410°C. Полученные металлические соли применялись в составе композиций совместно с изопропиловым спиртом в качестве реагентов.

Экспериментальные исследования проводились в средах технической и морской воды. Эффективность нефтесобирания оценивалась по изменению диаметра нефтяного пятна в различные временные интервалы. Установлено, что все исследованные композиции способствуют значительному уменьшению диаметра нефтяного пятна, что свидетельствует об их выраженной нефтесобирающей способности.Наибольшая эффективность была достигнута для композиции, содержащей соль никеля, полученную из фракции 200–280°C, и составила 69,8% в технической воде и 66,67% в морской воде. Композиции на основе солей кобальта также показали высокие

результаты, особенно полученные из высокотемпературных фракций, отличающиеся большей стабильностью действия.

TEXNİKİ NEFT TURŞULARI ƏSASINDA SİNTEZ OLUNMUŞ Ni VƏ Co TƏRKİBLİ SƏTHİ AKTİV KOMPOZİSİYALARIN NEFT–SU SİSTEMLƏRİNDƏ NEFTYIĞMA QABİLİYYƏTİNİN EKSPERİMENTAL TƏDQİQİ

Həsənov E.K., Təmrazlı T.T., Əlizadə R.A., Qasımov V.C., Abbasova X.A.

Xülasə

Bu işdə texniki neft turşularının müxtəlif temperatur fraksiyaları əsasında sintez olunmuş Ni və Co tərkibli səthi aktiv kompozisiyaların Salyan nefti üçün neftyığma qabiliyyəti tədqiq edilmişdir. Tədqiqat zamanı 200–280°C, 280–340°C və 340–410°C intervalında ayrılmış fraksiyalar əsasında hazırlanmış metal duzları İPS ilə birlikdə reagent kimi istifadə olunmuşdur. Eksperimental işlər texniki su və dəniz suyu mühitlərində aparılmış, neft ləkəsinin diametrinin dəyişməsi müxtəlif zaman intervallarında ölçülərək neftyığma effektivliyi faizlə qiymətləndirilmişdir.

Alınmış nəticələr göstərmişdir ki, bütün reagentlər neft ləkəsinin diametrini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmaqla neftyığma qabiliyyəti nümayiş etdirir. Ən yüksək effektivlik İPS və 200–280°C fraksiyası əsasında sintez olunmuş Ni duzu tərkibli kompozisiyada müşahidə edilmiş və texniki suda 69,8%, dəniz suyunda isə 66,67% təşkil etmişdir. Co duzları əsasında hazırlanmış bəzi kompozisiyalar da yüksək nəticələr göstərmiş, xüsusilə yüksək temperatur fraksiyalarından alınmış sistemlər stabillik baxımından fərqlənmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, dəniz suyunun yüksək mineralizasiyası reagentlərin aktivliyinə müəyyən qədər təsir göstərsə də, onların ümumi effektivliyini kəskin şəkildə azaltmır. Vaxt üzrə aparılmış müşahidələr isə neftyığma effektinin sabit xarakter daşıdığını göstərmişdir. Beləliklə, aparılmış tədqiqatlar nəticəsində Ni və Co əsaslı səthi aktiv kompozisiyaların neftin su səthindən yığılması üçün perspektivli reagentlər olduğu müəyyən edilmiş və ən effektiv tərkiblər seçilmişdir.

EXPERIMENTAL STUDY OF OIL-COLLECTION ABILITY OF SURFACE ACTIVE COMPOSITIONS CONTAINING Ni AND Co SYNTHESIZED ON THE BASIS OF TECHNICAL PETROLEUM ACIDS IN OIL-WATER SYSTEMS

Hasanov E.K., Tamrazli T.T., Alizade R.A., Gasimov V.C., Abbasova X.A.

Abstract

This study investigates the oil-collecting efficiency of surface-active metal–organic compositions based on nickel and cobalt salts synthesized from different temperature fractions of natural petroleum acids for Salyan crude oil. The metal salts obtained from fractions in the ranges of 200–280°C, 280–340°C, and 340–410°C were used in combination with isopropyl alcohol as reagents. Experimental studies were carried out in both technical water and seawater media, and the oil-collecting efficiency was evaluated by measuring the change in oil slick diameter over time.

The results demonstrated that all tested compositions significantly reduced the diameter of the oil slick, confirming their oil-collecting capability. The highest efficiency was observed for the composition containing nickel salt derived from the 200–280°C fraction, reaching 69.8% in technical water and 66.67% in seawater. Cobalt-based compositions also showed relatively high performance, particularly those derived from higher temperature fractions, which exhibited greater stability.

It was found that the mineral composition of seawater slightly reduces the activity of the reagents; however, the overall oil-collecting efficiency remains relatively high. Time-dependent measurements indicated that the achieved oil-collecting effect is stable over extended periods. In conclusion, the studied Ni- and Co-based surface-active compositions can be considered as promising agents for effective oil spill collection, and the most efficient formulations have been identified.

SİNTETİK NEFT TURŞULARI QARIŞIĞI ƏSASINDA ALINMIŞ AZOTLU ÜZVİ BİRLƏŞMƏLƏRİN CO_2 MÜHİTİNDƏ POTENSİODİNAMİK POLYARİZASİYA ÜSULU İLƏ İNHİBİTOR XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Ağamalıyeva D.B., Dadashova N.K., Qurbanova F.C., Məmmədova S.A.
Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, Bakı Ali Neft Məktəbi,
mammad.sevinjj@gmail.com

Açar sözlər: *Sintetik neft turşuları, amidoamin, polietilenpoliamin, inhibitor, korroziya.*

Ключевые слова: *Синтетические нефтяные кислоты, амидоамин, полиэтиленполиамин ингибитор, коррозия*.

Key words: *Synthetic petroleum acids, amidoamine, polyethylenepolyamine, corrosion, inhibitor.*

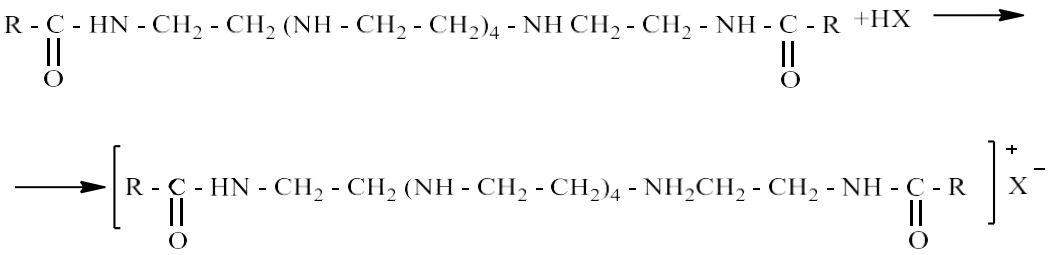
Müasir neft-qaz sənayesində metal avadanlıqların korroziyaya uğraması ciddi texniki və iqtisadi problemlərdən biri hesab olunur. Xüsusilə karbon qazı (CO_2) ilə zəngin mühitlərdə baş verən korroziya prosesi – yəni "şirin korroziya" boru xətləri və istehsalat avadanlıqlarının istismar müddətini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır və qəza riskini artırır [S. Nesic, 2007, p. 4309]. CO_2 mühitində korroziya əsasən karbonat turşusunun əmələ gəlməsi ilə əlaqədardır. Bu turşu metal səthlə reaksiyaya girərək dəmirin həll olmasına və nəticədə korroziya məhsullarının yaranmasına səbəb olur. Belə şəraitdə effektiv qorunma üsullarından biri korroziya inhibitorlarının tətbiqidir. Xüsusilə azot tərkibli üzvi birləşmələr (aminlər, amidoaminlər və poliaminlər) metal səthdə adsorbsiya olunaraq qoruyucu təbəqə yaradır və korroziya sürətini azaldır [Saddik et al., 2025, p. 15384].

Son illərdə Azərbaycan neftlərinin tərkibində olan təbii və sintetik komponentlər əsasında yeni inhibitor sistemlərinin hazırlanması aktuallıq kəsb edir. Sintetik neft turşuları, amidoamin və polietilenpoliamin kimi maddələrdən istifadə etməklə alınan inhibitorlar yüksək effektivliyi və əlçatanlığı ilə seçilir. Bu birləşmələr metal səthdə hidrofob qoruyucu qat əmələ gətirərək aqressiv CO_2 mühitində korroziyanın qarşısını almağa kömək edir [V. M. Abbasov et al., 2025, p.131].

Bununla əlaqədar olaraq, Azərbaycan neftlərinin qarışıqlarından alınan azotlu üzvi birləşmələrin bromid turşusu ilə əmələ gətirdiyi qeyri-üzvi anionlu komplekslərin CO_2 mühitində potensiodinamik polyarizasiya üsulu ilə inhibitor xassələrinin tədqiqi həm elmi, həm də praktiki baxımdan mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu tədqiqat nəticəsində əldə edilən məlumatlar yerli xammal əsasında effektiv və iqtisadi cəhətdən sərfəli korroziya inhibitorlarının hazırlanmasına imkan yarada bilər.

Eksperimental hissə

Amidoaminlərin sintezi imidazolinlərin sintezinə uyğun metodologiya əsasında həyata keçirilmişdir. Lakin imidazolinlərin sintezindən fərqli olaraq, bu proses 2:1 mol nisbətində reagentlərin qarşılıqlı təsiri ilə və 130°C temperaturda aparılmışdır. Alınmış kompleks isə adi temperatur şəraitində reagentlərin 1:1 mol nisbətində birbaşa qarışdırılması yolu ilə sintez edilmişdir:

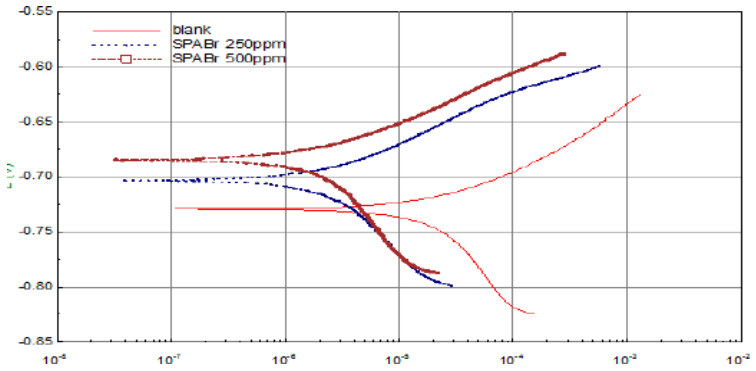


Burada R-sintetik neft turşularının, X-=Br- radikalıdır.

Sintez olunmuş kompleksin İQ-spektri Almaniyanın "Bruker" firmasının istehsalı olan "Alpha" İQ spektrometrində çəkilmiş və həmin maddənin quruluşu təsdiqlənmişdir.

Şəkil 1.

SPABr kompleksinin 50%-li su-izopropil spirti qarışığında 20%-li məhlulunun müxtəlif qatılıqlarında (250 və 500 ppm) potensiodinamik polarizasiya əyriləri (blank mühitlə müqayisədə)



SNT-nin bromlu kompleksinin 50%-li su-izopropil spirti qarışığında 20%-li məhlulunun karbon dioksid mühitində potensiodinamik polyarizasiya üsulu ilə inhibitor xassələrinin tədqiqi laboratoriya şəraitində, inhibitorsuz mühitdə, 250 və 500 ppm miqdarda götürülməklə CorrTest potensiometrində "Bibiheybət" sahilyani zonasından götürülmüş dəniz suyunda, 50°C temperaturda, 3 saat müddətində intensiv qarışdırılmaqla aparılmşdır. Tədqiqatın nəticələri aşağıdakı qrafik təsvirdə verilmişdir.

Potensiodinamik polarizasiya nəticələri göstərir ki, SPABr inhibitorunun əlavə edilməsi korroziya cərəyan sıxlığının əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına səbəb olur. E< sub> cor</sub> potensialında müşahidə olunan kiçik müsbət sürüşmə və həm anod, həm də katod qollarının dəyişməsi inhibitorun qarışıq tipli təsir mexanizminə malik olduğunu göstərir. Qatılığın artması ilə inhibisiya effektivliyinin yüksəlməsi metal səthində adsorbsiya nəticəsində qoruyucu təbəqənin formalaşdığını təsdiq edir.

ƏDƏBİYYAT

1. Nesic, S. “Key issues related to modelling of internal corrosion of oil and gas pipelines.” *Corrosion Science*, Vol. 49, Issue 12, 2007, Pages 4308-4338

2. Saddik, A.A.; Sayed, M.; Mohammed, A.A.K.; Abdel-Hakim, M.; Ahmed, M. Molecular Design and Performance of Emissive Amide-Containing Compounds as Corrosion Inhibitors: Synthesis, Electrochemical Evaluation, DFT Calculations and Molecular Dynamics Simulations. RSC Adv. 2025, 15, 15384–15396.

3. V. M. Abbasov et al. / SOCAR Proceedings No.3 (2025) 130-136

SİNTETİK NEFT TURŞULARI QARIŞIĞI ƏSASINDA ALINMIŞ AZOTLU ÜZVİ BİRLƏŞMƏLƏRİN CO_2 MÜHİTİNDƏ POTENSİODİNAMİK POLYARİZASİYA ÜSULU İLƏ İNHİBİTOR XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Ağamalıyeva D.B., Dadashova N.K., Qurbanova F.C., Məmmədova S.A.

Xülasə

Təqdim olunan işdə sintetik neft turşuları əsasında alınmış azotlu üzvi birləşmələrin bromid komplekslərinin CO_2 mühitində korroziya inhibitoru kimi xassələri tədqiq edilmişdir. İnhibitorun effektivliyi potensiodinamik polyarizasiya üsulu ilə 250 və 500 ppm qatılıqlarda öyrənilmişdir. Nəticələr korroziya cərəyan sıxlığının azaldığını və inhibitorun qarışıq tipli təsir mexanizminə malik olduğunu göstərmişdir. Qatılığın artması ilə effektivliyin yüksəlməsi metal səthdə qoruyucu təbəqənin formalaşması ilə izah olunur. Alınmış nəticələr bu birləşmələrin effektiv və perspektivli korroziya inhibitorları olduğunu təsdiq edir.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИТОРНЫХ СВОЙСТВ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ СМЕСИ СИНТЕТИЧЕСКИХ НЕФТЯНЫХ КИСЛОТ, В СРЕДЕ CO_2 МЕТОДОМ ПОТЕНЦИОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Аббасов В.М., Агамалиева Д.Б., Дадашова Н.К., Курбанова Ф.Дж., Мамедова С.А.,

Аннотация

В представленной работе исследованы ингибиторные свойства бромидных комплексов азотсодержащих органических соединений, полученных на основе синтетических нефтяных кислот, в среде CO_2. Эффективность ингибитора изучена методом потенциодинамической поляризации при концентрациях 250 и 500 ppm. Результаты показали снижение плотности коррозионного тока и наличие смешанного механизма действия ингибитора. Повышение эффективности с увеличением концентрации объясняется образованием защитной плёнки на поверхности металла. Полученные результаты подтверждают, что данные соединения являются эффективными и перспективными ингибиторами коррозии.

INVESTIGATION OF THE INHIBITORY PROPERTIES OF NITROGEN-CONTAINING ORGANIC COMPOUNDS OBTAINED FROM A MIXTURE OF SYNTHETIC PETROLEUM ACIDS IN CO_2 MEDIUM BY POTENTIODYNAMIC POLARIZATION METHOD

Abbasov V.M., Agamaliyeva D.B., Dadashova N.K., Gurbanova F.C., Mammadova S.A.

Abstract

In this study, the inhibitory properties of bromide complexes of nitrogen-containing organic compounds obtained from synthetic petroleum acids were investigated in a CO_2 medium. The efficiency of the inhibitor was evaluated by the potentiodynamic polarization method at concentrations of 250 and 500 ppm. The results showed a significant decrease in corrosion current density and indicated that the inhibitor exhibits a mixed-type inhibition mechanism. The increase in efficiency with increasing concentration is explained by the formation of a protective film on the metal surface. The obtained results confirm that these compounds are effective and promising corrosion inhibitors.

AŞAĞI KÜR ÇÖKƏKLİYİ YENİ QUYU NEFTLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., İsmayılov T.A., Quliyeva G.M., Abdullayev E.Ş., Hüseynova B.Ə., Süleymanova S.S., Əliyev T.S., Rzayeva S.Q.

ARETN Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

gultekin6767@mail.ru

Açar sözlər: *Qarabağlı yatağı, yeni quyu neftləri, texniki göstəriciləri, parafinli yüksək özlüklü, ağır neftlər*

Ключевые слова: *нефти новых скважин, физико-химический, компонентный состав, тяжелые, высоковязкие, схожие, до 450^{0}C выкипают -50% компоненты*

Keywords: *Karabakhli field, new well oils, technical indicators, paraffinic high-viscosity, heavy oils.*

Hər hansı bir yatağın yeni quyu neftinin geniş və səmərəli istifadə yollarının axtarışı və ya dünya bazarına çıxarılması onun tərkibi və keyfiyyəti haqqında ətraflı, dəqiq, məlumatların toplanması əsasında müəyyənləşir [1]. Son zamanlar Abşeron yarımadasında torpaq ərazilərində yeni neftqaz yataqlarının kəşf edilməsi qeyri mümkün olduğundan Aşağı Kür çökəkliyində yeni yataqların axtarış işləri başlanıb və nəticə etibarı ilə cənubi Xəzər hövzəsi rayonunda yeni neftqaz yataqları açılıb və istismara buraxılıb [2].

Nəzərə alsaq ki, Xəzər dənizində və quruda yeni yataqların kəşfi və istismarı durmadan artır və ölkənin gələcəkdə güclü neft emalı və neft kimya kompleksini yaratmaq kimi strateji və böyük iqtisadi əhəmiyyətli layihənin hazırlanması üçün neftlərin tədqiqinin daha müasir səviyyədə aparılması və emalı üçün səmərəli təkliflər verilməsi məsələsi aktual olaraq qalır [3].

Son zamanlar Abşeron yarımadasında torpaq ərazilərində yeni neftqaz yataqlarının kəşf edilməsi qeyri mümkün olduğundan Aşağı Kür çökəkliyində yeni yataqların axtarış işləri başlanıb və nəticə etibarı ilə cənubi Xəzər hövzəsi rayonunda yeni neftqaz yataqları açılıb və istismara buraxılıb.

Aşağı Kür çökəkliyi Salyan rayonu Qarabağlı yatağının 121, 198 və 216 saylı quyu neftlərindən götürülmüş və tam susuzlaşdırıldıqdan sonra komponent tərkibi tədqiq edilmişdir. Qarabağlı yatağının 121, 198 və 216 saylı quyu neftinin texniki göstəriciləri cədvəl 1-də verilmişdir [4] .

Cədvəl 1.

Qarabağlı yatağının 121, 198 və 216 saylı quyularının texniki göstəriciləri.

Quyunun №	Horizont	Süzgəc (m)	Quyu dibi (m)	Asqı dərinliyi (m)	Məhsuldarlıq m^3/gün
121	I	2830-2799	3215	2673	3
198	I-III	2903-2590	2903	2505	4.9
216	III-V-VI	3576-3110	3670	2513	10

Göstəricilərindən müəyyən etmək olar ki, 216 saylı quyunun dərinliyi çox olmaqla digərlərindən daha məhsuldar (10 m^3/sutka) olması ilə fərqlənir.

Neftlər fiziki-kimyəvi xassələrinə görə oxşardır, lakin 216 saylı quyu nefti donma temperaturuna görə kəskin fərqlənir (-10). Bunlar sıxlıqlarına görə bir birinə yaxın olmaqla yüksək özlülüklü ağır neftlərdir, d_4^{20} = 911.0-911.4 kq / m^3, azkükürdlüdürlər (0.28-0.33%). 198- saylı quyu nefti özlülüyünün (20^0C-də) ən az- 473.4 mm^2/sm olması ilə seçilir. Hər üç quyu nefti eyni -20^0C -də donur. Alışma temperaturu nisbətən yüksək +109^0C 121 saylı quyu, ən aşağı + 62^0C 198 saylı quyu neftində müəyyən edilib

Fiziki-kimyəvi xassələrinə görə 198 və 216 saylı quyu neftləri parafinli (5.84-5.93%), 121 saylı quyu nefti yüksək parafinlidir (6.27%). Hər üç quyu neftləri turşu ədədinə görə (0.69-0.77 mqKOH/q) bir- birindən az fərqlənirlər, 20^0C-də şuasındırma əmsalları 1.5060-1.5231 arasında dəyişir. Tədqiq olunan quyu neftləri digər Azərbaycan neftləri kimi mikroelementlərlə zəngin olmayanlar qrupa daxildirlər V/Ni <1

Parafinli, yüksək özlülüklü ağır neftlərdir, onların 40-46%-ni 450^0C temperatura qədər qaynayan komponentlər təşkil edir. Ümumiyyətlə bir-birinə yaxın və ya az ferqlənmə ilə fiziki-kimyəvi xassələrə malik neftlərdir, onları xammal kimi birlikdə qarışdırıb nəql etmək və ya emal etmək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. Аббасов В.М., Самедова Ф.И., Гулиева Г.М., Исаева Г.А., Магеррамов Р.С., Алиев Б.М. Нефти отдельных скважин Сураханского месторождения. Процессы Нефтехимии и Нефтепераработки, 2002, 4 (11), с. 34-38
2. Аббасов В.М., Самедова Ф.И., Алиев Б.М., Кулиева Г.М., Наджафова Г.А., Мусаев Н.Н. Групповой углеводородный состав дистиллятов нефтей Сураханского месторождения Азербайджана. Нефтепереработка и нефтехимия, 2009, №11, с.10-13
3. Бахтизин Р.Н., Каримов Р.М., Мастобаев Б.Н. Влияние высокомолекулярных компонентов на реологические свойства в зависимости от структурно-группового и фракционного состава нефти. SOCAR Proceedings, 2016, N 1, c. 42-50
4. Abbasov V.M., Ismayilov T.A., Abdullayev E.Sh., Guliyeva G.M., Huseynova B.A., Suleymanova S.S., Najafova G.A. Research of some well oils of the karabakhly field. Processes of Petrochemistry and Oil Refining, Vol. 27, No. 1, 2026, pp.68-74

AŞAĞI KÜR ÇÖKƏKLİYİ YENİ QUYU NEFTLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., İsmayılov T.A., Quliyeva G.M., Abdullayev E.Ş., Hüseynova B.Ə., Süleymanova S.S., Əliyev T.S., Rzayeva S.Q.

Xülasə

Məruzədə Aşağı Kür çökəkliyi ərazisindəki Qarabağlı yatağının yeni 121, 198, 216 saylı təzə istismara buraxılan quyu neftlərinin mühüm fiziki-kimyəvi xassələri və komponent tərkibi müqayisəli tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, həmin neftlər əsasən parafinli və yüksək parafinli (6,3%), turşu ədədi (0,69-0,77 mq/ KOH/q) və şuasındırma əmsalı (1,5060-1,523) və.s xassələrinə görə bir-birindən az fərqlənirlər. Bu neftlərin demək olar ki, 50%-inin 450^0C-yə qədər qaynayan komponentlər təşkil etməklə, yüksək molekullu asfalt-qatran maddələri ilə zəngindirlər, oxşar xassələri çox olduğundan bu neftləri xammal kimi qarışdırılıb birlikdə nəql etmək və ya emal etmək olunur.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН В НИЖНЕКУРСКИХ ВПАДИНАХ

Аббасов В.М., Исмаилов Т.А., Гулиева Г.М., Абдуллаев Э. Ш., Гусейнова Б.А., Сулейманова С.С., Алиев Т.С., Рзаева С.Г.

Резюме

Приведены результаты исследования нефтей новых скважин № 121, 198 и 216 месторождения Нижнекуринской впадины Азербайджана. Нефти характеризуется тяжелой, малосернистой, парафинистой, высоко вязкими. 50% этих нефтей выкипает до 450^0C, то есть они богаты высококипящеми асфальто-смолистыми тяжелыми компонентами. Установлено, что из-за схожести многих физико-химических свойств нефти данных скважин как сырье смешаны, транспортированы и переработаны.

STUDY OF NEW WELL OILS OF THE LOWER KURA DEPRESSION

Abbasov V.M. , Ismayilov T.A., Guliyeva G.M. , Abdullayev E.Sh. Dr of Tech SHuseynova B.E., Suleymanova S.S., Aliyev T.S. , Rzayeva S.G.

Summary

The report comparatively studied the important physical-chemical properties and component composition of the newly put into operation well oils No. 121, 198, 216 of the Karabakhli field in the Lower Kura depression. It was determined that these oils differ slightly from each other mainly in terms of paraffinic and high paraffinic (6.3%), acid number (0.69-0.77 mg/KOH/g) and refractive index (1.5060-1.523), etc. Almost 50% of these oils are rich in high-molecular asphalt-resin substances, with components boiling up to 450^0C. Since they have many similar properties, these oils can be mixed as raw materials and transported or processed together.

TƏBİİ ÜZVİ TURŞULARIN AZOTLU TÖRƏMƏLƏRİNİN YOL BİTUMUNA AŞQAR KİMİ TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Əfəndiyeva L.M., Həsənov E.K., Çerepnova Yu.P., Babanlı Əliyeva N.N., Məmmədova Ş.R., Əliyev T.S.

Açar sözlər: *yol bitumları, aşqarlar, təbii neft truşuları, etanolaminlər, amidoaminlər*

Ключевые слова: *дорожные битумы, присадки, природные нефтяные кислоты, этаноламины, амидоамины.*

Keywords: *road bitumens, additives, natural petroleum acids, ethanolamines, amidoamines*

ARETN akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri
efendiyevalm7@gmail.com

Bitum karbohidrogenlərdən və onların oksigenli, kükürdlü, azotlu törəmələrindən ibarət qatrana oxşar təbii və ya süni mürəkkəb üzvi maddədir. Neft emalı proseslərindən alınan bitum yolsalmada və ümumiyyətlə, tikinti sənayesində geniş istifadə olunan birləşdirici komponentdir [1].

Bitumların əsas tətbiq sahələrindən biri avtomobil yollarının və aerodromların salınması, təmirində işlənməsidir. Bitumun yüksək keyfiyyətə malik olması üçün onun əlaqələndirici material kimi yapışdırıcılıq xassəsi, plastiki deformasiyaların əmələ gəlməsi davamlılığı, plastiklik intervalı yüksək olmalı, yüksək temperaturlarda xassələri sabit olmalıdır. Son vaxtlar dünya üzrə yolsalmada, polimer modifikasiyalaşdırılmış, polimer-bitumlu yapışdırıcıların (PBY) tətbiqinə böyük tələbat yaranmışdır [2]. Məlumdur ki, bitumların çınqıllara yapışma xüsusiyyətini, yəni adgeziya qabiliyyətini yaxşılaşdırmaq üçün bir çox aşqarlardan istifadə edilir. Bunun üçün kationaktiv səthi-aktiv maddələr – amidoaminlər, imidazolinlər, amin birləşmələri və onların duzları daha çox istifadə edilir [3].

Yol bitumları üçün aşqarların yaradılması aktual problem olduğu üçün, təqdim olunmuş işdə təbii neft turşularının (TNT) azotlu törəmələri sintez edilmiş və onlardan yol bitumları üçün yüksək keyfiyyətli aşqarlar kimi istifadə olunmuşdur.

Xammal kimi istifadə edilən BNB 50/70 markalı özülü neft yol bitumu Heydər Əliyev adına Bakı Neft Emalı Zavodunda istehsal olunmuşdur. Bituma adgeziya aşqarı kimi isə, qeyd edildiyi kimi, maye kauçuk və onun TNT və monoetanolamin (1:1 mol nisbətində) (kompozisiya 1), TNT və polietilenpoliamin (5:1 mol nisbətində) (kompozisiya 2) əsasında alınmış amidoaminlə kompozisiyalarından istifadə edilmişdir. TNT əsasında amidoaminlər məlum metodika üzrə sintez edilmişdir [4, 5]. Yol bitumunun keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə, maye kauçuk və kompozisiyaları 0,4 və 0,6 % miqdarında yol bitumuna əlavə edilmiş və alınan nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1-ə əsasən qeyd etmək olar ki, ən yaxşı aşqar effekti onları 0,4% qatılıqda götürdükdə müşahidə edilir. Belə ki, bu aşqarlar bituma 0,4% əlavə edildikdə 25°C-də iynəbatırma dərinliyi 52-56 mm, dartılma >100 sm-ə qədər, yumşalma temperaturu 46,6-48,5°C, kövrəklik temperaturu mənfi 2°C intervalında qiymətlər alır. Ən yaxşı nəticə kompozisiya 2 vasitəsilə əldə edilmişdir. Bu halda adgeziyanın qiyməti 1 bal olmuşdur ki, bu da bitumun çınqıla yapışma qabiliyyətinin çox yüksək olduğunu sübut edir. Maye kauçuk adgeziyanın qiymətində heç bir dəyişiklik vermədiyi halda, onun TNT və polietilenpoliaminlə kompozisiyası bu zaman daha yüksək nəticə vermişdir. Alınan nəticələrə əsasən qeyd etmək olar ki, maye kauçuk və PEPA əsasında alınmış kompozisiya yol bitumuna adgeziya aşqarı kimi istifadə edilə bilər. Bu sahədə tədqiqatlar davam edir.

Cədvəl 1.

Sintez olunmuş amidoaminlərin maye kauçukla kompozisiyalarının 0,4% və 0,6% miqdarında yol bitumuna əlavə olunması ilə keyfiyyət göstəriciləri.

№	Sintez olunmuş aşqarların yol bitumuna əlavəsi	Yumşalma temperaturu, °C	İynəbatma dərinliyi, 0,1 mm 25°C-də	Dartılma, sm	Kövrəklik temperaturu, °C	Adgeziya
				25°C		balla

1	Yol bitumu	49,2	48	>100	-15	3
Aşqar, 0,4% miqdarında						
2	Maye kauçuk	48,5	52	>100	-21	3
3	Kompozisiya 1	46,6	56	>100	-21	2
4	Kompozisiya 2	47,8	54	>100	-22	1
Aşqar, 0,6% miqdarında						
5	Maye kauçuk	48,2	53	>100	-21	2
6	Kompozisiya 1	47,8	53	>100	-21	3
7	Kompozisiya 2	48	52	>100	-18	2

ƏDƏBİYYAT

1. Proto M., Angelico R., Caputo P. [et all]. The Structure of bitumen: conceptual models and experimental evidences // Materials, 2022.V.15, Is.3. p. 905

2. Baldino N, Gabriele D., Rossi O. [et all]. Low temperature rheology of polyphosphoric acid (PPA) added bitumen // Construction and Building Materials, 2012. V.36, p. 592–596

3. Abbasov V.M., Aliyeva L.İ., Afandiyeva L.M. [et all]. The study of compositions prepared on the bases of amidoamines and mineral oil distillates of synthetic petroleum acids as an additive to bitumen // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 2021.V.22, № 1, p.172-179

4. Afandiyeva L.M., Aliyeva L.İ., Musali V.Kh., Hasanov E.K., Musayeva A.P., Abbasov V.M.. Investigation of compositions prepared on the bases of amidoamines of synthetic petroleum acids and mineral oil distillates as an additive to bitumen / 10th Rostocker

5. International Conference: “Technical Thermodinamics: Thermophysical Properties and Energy Systems”, 9-10 September, 2021, Rostock, Germany, p. 74

6. Abbasov V.M., Aliyeva L.I., Afandiyeva L.M. [et all]. The study of compositions prepared on the bases of amidoamines and mineral oil distillates of synthetic petroleum acids as an additive to bitumen // Processes of petrochemistry and oil-refining (PPOR), 2021, V.22, №1,

TƏBİİ ÜZVİ TURŞULARIN AZOTLU TÖRƏMƏLƏRİNİN YOL BİTUMUNA AŞQAR KİMİ TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Əfəndiyeva L.M., Həsənov E.K., Çerepnova Yu.P., Babanlı Əliyeva N.N., Məmmədova Ş.R., Əliyev T.S.

Xülasə

Təbii neft turşuları (TNT) və monoetanolamin, polietilenpoliaminlər (PEPA) əsasında amidoaminlər sintez edilmişdir. Sintez edilmiş amidoaminlərin maye kauçukla kompozisiyaları hazırlanmış və onlardan yol bitumunun keyfiyyət göstəricilərini yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə yüksək keyfiyyətli aşqarlar kimi istifadə edilmişdir. Bu məqsədlə hazırlanmış kompozisiyalar 0,4% və 0,6% miqdarında yol bitumuna əlavə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ən yaxşı aşqar effekti onları 0,4% qatılıqda götürdükdə müşahidə edilir və həmin kompozisiyaların çox kiçik qatılıqda bituma əlavə olunması bitumun keyfiyyət göstəricilərində əhəmiyyətli dəyişikliyə səbəb olur. Sübut edilmişdir ki, maye kauçuk adgeziyanın qiymətində dəyişiklik vermədiyi halda, onun TNT və polietilenpoliaminlə kompozisiyası yüksək nəticə vermişdir. Ən yaxşı nəticə TNT və polietilenpoliamin (5:1 mol nisbətində) əsasında alınmış amidoamin və maye kauçuk əsasında hazırlanmış kompozisiya

vasitəsilə əldə edilmişdir. Bu halda adgeziyanın qiyməti 1 bal olmuşdur ki, bu da bitumun çınqıla yapışma qabiliyyətinin çox yüksək olduğunu sübut edir.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЗОТПРОИЗВОДНЫХ ПРИРОДНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В КАЧЕСТВЕ ДОБАВОК К ДОРОЖНОМУ БИТУМУ

Аббасов В.М., Эфендиева Л.М., Гасанов Е.К.,Черепнова Ю.П., Бабанлы Алиева Н.Н., Мамедова Ш.Р., Алиев Т.С.

Аннотация

Амидоамины были синтезированы на основе природных нефтяных кислот (ПНК) и моноэтаноламина, и полиэтиленполиаминов (ПЭПА). Были приготовлены композиции синтезированных амидоаминов с жидким каучуком, которые использовались в качестве высококачественных добавок для улучшения показателей качества дорожного битума. Приготовленные для этой цели композиции добавлялись в дорожный битум в количестве 0,4% и 0,6%. Было установлено, что наилучший аддитивный эффект наблюдается при концентрации 0,4%, а добавление этих композиций к битуму в очень малой концентрации вызывает значительное изменение показателей качества битума. Было доказано, что, хотя жидкий каучук не изменяет значение адгезии, его композиция с ПНК и полиэтиленполиамином дает высокий результат. Наилучший результат был получен с композицией жидкого каучука с амидоамином полученного на основе ПНК и полиэтиленполиамина (в молярном соотношении 5:1). В этом случае значение адгезии составило 1 балл, что доказывает очень высокую адгезионную способность битума к щебню.

A STUDY OF NITROGEN DERIVATIVES OF NATURAL ORGANIC ACIDS AS ADDITIVES TO ROAD BITUMEN

Abbasov V.M., Efendieva L.M., Hasanov E.K., Cherepnova Yu.P., Babanly Aliyeva N.N., Mamedova Sh.R., Aliyev T.S.

Abstract

Amidoamines were synthesized from natural petroleum acids (NPA), monoethanolamine, and polyethylenepolyamines (PEPA). Compositions of the synthesized amidoamines with liquid rubber were prepared and used as high-quality additives to improve the performance of road bitumen. The compositions prepared for this purpose were added to road bitumen at levels of 0.4% and 0.6%. It was found that the best additive effect was observed at a concentration of 0.4%, and adding these compounds to bitumen at very low concentrations significantly altered the bitumen's quality parameters. It was shown that although liquid rubber did not alter the adhesion value, its composition with NPA and polyethylenepolyamine yielded high results. The best result was obtained with a composition of liquid rubber with amidoamine obtained on the basis of NPA and polyethylene polyamine (in a molar ratio of 5:1). In this case, the adhesion value was 1 point, demonstrating the very high adhesive capacity of bitumen to crushed stone.

KATALİTİK KREKİNQİN YÜNGÜL FLEQMASININ HİDROKREKİNQ PROSESİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Məmmədova T.A., Mövsümova P.Ə., Məmmədova N.M., Musayeva

ARETN akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
movsumova.pervane83@gmail.com

Açar sözlər: *katalitik krekinqin yüngül fleqması, hidrotəmizləmə, hidrokrekinq, katalizator, spektral analiz.*

Ключевые слова: *лёгкая фракция каталитического крекинга, гидроочистка, гидрокрекинг, катализатор, спектральный анализ.*

Key words: *catalytic cracking light phlegm, hydrotreating, hydrocracking, catalyst, spectral analysis.*

Müasir dövrdə qlobal enerji tələbatının artması, xüsusilə də neft ehtiyatlarından istifadənin genişlənməsi yanacaq sənayesində yeni ekoloji və texnoloji tələblərin formalaşmasına səbəb olmuşdur. Neft və neft məhsullarından intensiv istifadə nəticəsində atmosferə atılan zərərli maddələrin miqdarının artması dünya miqyasında ekoloji gərginliyi daha da gücləndirmişdir. Bu səbəbdən hazırda istifadə olunan yanacaq növlərinin keyfiyyət göstəricilərinə və onların yanma məhsullarına dair beynəlxalq səviyyədə daha sərt standartlar müəyyən edilməkdədir. Belə ki, dünya üzrə neft-kimya məhsulları və yanacaqlar əsasən kömür, xam neft və təbii qazdan istehsal olunur [1].

Yanacaqların ekoloji təhlükəsizliyinin təmin olunmasında onların kimyəvi tərkibi mühüm rol oynayır. Xüsusilə benzin və dizel yanacaqlarının tərkibində mövcud olan aromatik karbohidrogenlər yanma prosesində müxtəlif zərərli birləşmələrin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bu maddələr atmosferdə çirklənməni artırmaqla yanaşı, həm də insan sağlamlığı üçün təhlükə yaradan toksik və kanserogen komponentlərin formalaşmasına şərait yaradır.

Bu baxımdan müasir neft emalı texnologiyalarının əsas istiqamətlərindən biri benzin və dizel yanacaqlarında aromatik karbohidrogenlərin miqdarının azaldılmasıdır. Aromatik birləşmələrin azaldılması yanacaqların yanma keyfiyyətini yaxşılaşdırmaqla yanaşı, onların yanma məhsullarında zərərli qazların və hissəciklərin miqdarının da azalmasına səbəb olur.

Nəticədə atmosferə atılan karbonmonoksid, azot oksidləri və digər zərərli maddələrin səviyyəsi aşağı düşür ki, bu da ekoloji tarazlığın qorunmasına müsbət təsir göstərir.

Beləliklə, dizel və benzin yanacaqlarının tərkibində aromatik karbohidrogenlərin azaldılması müasir neft-kimya sənayesinin prioritet istiqamətlərindən biri hesab olunur. Bu istiqamətdə aparılan elmi tədqiqatlar və yeni texnologiyaların tətbiqi həm yanacaq keyfiyyətinin yüksəldilməsinə, həm də ətraf mühitin mühafizəsinə mühüm töhfə verməkdədir.

Bu baxımdan təqdim olunmuş iş məhz ağır neft qalığı hesab olunan katalitik krekinqin yüngül fleqmasının hidrokrekinq prosesinə cəlb edilməsi yolu ilə neftin emal dərinliyinin artırılmasına və bununla da onun tətbiq imkanlarının genişləndirilməsinə həsr olunmuşdur. Hidrokrekinq ağır neft fraksiyalarının hidrogen və uyğun katalizatorun iştirakı ilə daha aşağı qaynama temperaturuna malik yüngül məhsullara çevrildiyi bir prosesdir. Termiki krekinqlə müqayisədə hidrokrekinq nisbətən aşağı temperaturlarda həyata keçirilir [2], daha yüksək katalitik aktivliyə malikdir və yüksək hidrogen-karbon nisbətinə və az miqdarda metallara sahib olan yüksək keyfiyyətli yanacaqların alınmasına imkan yaradır [3]. Bu proses zamanı yüksək molekullu və ağır karbohidrogenlər hidrogen mühitində katalizatorun iştirakı ilə parçalanaraq daha yüngül və yüksək keyfiyyətli fraksiyalara çevrilir. Bu üstünlüklər termiki krekinqdə adətən tələb olunan sonrakı emal mərhələlərini aradan qaldırır və beləliklə ümumi emal xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır [4].

Hidrokrekinq prosesinin əsas üstünlüklərindən biri də xammalda mövcud olan aromatik birləşmələrin, kükürdlü, azotlu və digər heteroatomlu komponentlərin miqdarının azalmasıdır. Nəticədə alınan məhsulların ekoloji göstəriciləri yaxşılaşır və onlar müasir yanacaq standartlarına daha uyğun olur. Eyni zamanda bu proses ağır neft fraksiyalarının daha səmərəli emalına imkan yaradaraq benzin, dizel və digər qiymətli neft məhsullarının çıxımını artırır.

Katalitik krekinqin yüngül fleqmasının hidrokrekinq prosesinə cəlb edilməsi isə neft emalı müəssisələrində xammaldan daha səmərəli istifadə olunmasına şərait yaradır. Bu yanaşma bir tərəfdən ağır fraksiyaların miqdarının azaldılmasına, digər tərəfdən isə yüngül və yüksək keyfiyyətli yanacaq komponentlərinin əldə olunmasına imkan verir. Beləliklə, hidrokrekinq prosesinin tətbiqi neftin kompleks və dərin emalı baxımından mühüm texnoloji istiqamətlərdən biri hesab olunur.

Bu məqsədlə ilk növbədə başlanğıc məhsul olan katalitik krekinqin yüngül fleqmasının fiziki-kimyəvi göstəriciləri müasir standart üsullarla təyin edilmiş və NMR-, İQ-, UB-spektral analizlərlə struktur-qrup tərkibi təstiq edilmişdir. Cədvəldə katalitik krekinqin yüngül fleqmasının fiziki-kimyəvi göstəriciləri verilmişdir.

Cədvəl

Kataltik krekinqin yüngül fleqmasının fiziki-kimyəvi göstəriciləri

Göstəricilər	
20°C-də sıxlıq, kq/m^3	0,9225
Yod ədədi,qI_2/100q	3.62
Sınma əmsalı, n_d^{20}	1,5614
Bulanma temperaturu, °C	Mənfi 1
Donma temperaturu, °C	Mənfi 5
Qapalı butada alışma temperaturu, °C	Müsbət 151
Aromatik karbohidrogenlərin miqdarı. UB-üsulu ilə	51.2
Turşu ədədi mgKOH/1q	0,82
Suyun miqdarı, %	Yoxdur

Hidrokrekinq prosesi axar tipli faziləsiz laborator qurğuda yerinə yetirilmişdir. Hidrokrekinq prosesi zamanı hidrogenin parsial təzyiqi 40MPa, Temperatur-350°C, xammalın verilmə həcmi sürəti 1s^{-1} olmuşdur. Bu zaman hidrokrekinq prosesində sənaye katalizatoru olan NiCr katalizatorundan istifadə edilmişdir. Hidrokrekinq prosesindən alınmış katalizatın ən mühüm fiziki-kimyəvi göstəriciləri təyin edilmiş, alınmış nəticlərin struktur-qrup tərkibi İQ-spektroskopik analiz üsulu ilə təstiq edilmiş və optiki sıxlıqları hesablanmışdır. Eyni zamanda alınmış katalizatın tərkibində olan aromatik birləşmələrin miqdarı sulfolaşma üsülu ilə təyin edilmiş (H_2SO_4- 98,6%-li) aromatik karbohidrogenlərin miqdarının 51,2%-dən 35%-ə qədər azalması müəyyən edilmişdir. Bununla bərabər ^{1}H və ^{13}C-NMR spektral analiz nəticəsində katalizatın tərkibində aromatik karbohidrogenlərin miqdarının azalması, naften karbohidrogenlərinin miqdarının isə artması müşahidə olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Sahu R.B., Song J.J., Im S.Y., Jeon P., Lee C.W. A review of recent advances in catalytic hydrocracking of heavy residues // J. Ind. Eng. Chem., 2015, vol. 27, pp.12–24

2. Park H.B., Kim K.D., Lee Y.K. Promoting asphaltene conversion by tetralin for

hydrocracking of petroleum pitch //Fuel, 2018. vol. 222, no. February, pp. 105–113
3. Rana M.S., Sámano V., Ancheyta J., Diaz J. A. I. A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua /*Fuel*,2007, vol. 86, no. 9, pp.1216–1231
4. Mosio-Mosiewski J., Morawski I. Study on single-stage hydrocracking of vacuum residue in the suspension of Ni-Mo catalyst // *Appl. Catal. A Gen.*, 2005, vol.283, no.1–2, pp.147–155

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОКРЕКИНГА ЛЁГКОЙ ФРАКЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Аббасов В.М., Мамедова Т.А., Мовсумова П.А., Мамедова Н.М., Мусаева Н.М.

Резюме

Получение и исследование полициклических нафтеновых углеводородов, содержащихся в топливах, путем каталитического гидрирования легкой флегмы каталитического крекинга. С этой целью определение оптимальных условий превращения ароматических углеводородов, содержащихся в легкой флегме каталитического крекинга, в процессе гидрокрекинга при давлении 40 Па, объемной скорости 1 $с^{-1}$ и температуре 350 °С в присутствии промышленного катализатора NiCr.

STUDY OF THE HYDROCRACKING PROCESS OF THE LIGHT FRACTION OF CATALYTIC CRACKING

Abbasov V.M., Mamedova T.A., Movsumova P.A., Mamedova N.M., Musaeva N.M.

Summary

Production and investigation of polycyclic naphthenic hydrocarbons contained in fuels through catalytic hydrogenation of the light fraction of catalytic cracking. For this purpose, determination of the optimal conditions for the conversion of aromatic hydrocarbons present in the light fraction of catalytic cracking during the hydrocracking process at a pressure of 40 Pa, a space velocity of $1s^{-1}$, and a temperature of 350°C in the presence of an industrial NiCr catalyst.

TƏBİİ NEFT TURŞULARININ EFİRLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ FİZİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Mürsəlov N.İ., Quliyeva G.M., Paşayeva Z.N., İsayeva G.Ə.
ARETN, akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri
nizamimursalov@mail.ru

Açar sözlər: *Dizel yanacağı, mürəkkəb efirlər, təbii neft turşuları.*

Ключевые слова: *Дизельное топливо, сложные эфиры, природные нефтяные кислоты.*

Keywords: *Diesel fuel, esters, natural petroleum acids.*

Hazırda ekoloji təmiz dizel yanacaqlarının alınması neft emalı sənayesinin ən aktual problemlərindən biri olaraq qalır. Bu problemin aradan qaldırılması istiqamətində aparılan işlər göstərir ki, hazırda ekoloji təmiz dizel yanacaqlarının alınması üçün ən öndə gedən variant dizel yanacaqlarının keyfiyyətini yüksəldən və sərfiyyatını aşağı salan birləşmələrin-

müxtəlif təyinatlı əlavələrin istifadəsidir. Dizel yanacaqlarının keyfiyyətini artıran və daha çox tətbiq edilən birləşmələr oksigen tərkibli əlavələrdir [1]. Ədəbiyyat mənbələrinin analizi göstərir ki, üzvi turşuların müxtəlif mürəkkəb efirləri dizel yanacağının bir sıra parametrlərinin yaxşılaşdırılmasında geniş tədqiq olunur və bu istiqamətdə aparılan elmi-tədqiqat işləri zamanı müsbət nəticələr alınmışdır [2,3]. Bizim apardığımız tədqiqat işində təbii neft turşularının müxtəlif efirlərini sintez etmək və sintez edilmiş efirlərin dizel yanacağına komponent kimi əlavə edərək onun istismar parametrlərinin yaxşılaşdırılması nəzərdə tutulmuşdur.

Bu məqsədlə tədqiqat işində sintezi nəzərdə tutulmuş efirlərin alınması üçün ilkin mərhələdə aşağıdakı tədqiqat işləri aparılmışdır: Heydər Əliyev adına Neft Emalı Zavodundan gətirilmiş Bakı neftləri qarışığından ayrılmış təbii neft turşusularının (TNT) müxtəlif fiziki-kimyəvi parametrləri tədqiq edilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, tədqiqat üçün götürülmüş TNT müxtəlif turşular şəklindədir. TNT-nin fiziki-kimyəvi parametrləri belədir: sıxlığı (20^{o}C-də 948,3 kq/m^{3}), kinematik özlülüyü (20^{o}C-də 5,054 mm^{2}/san), suyun miqdarı (0,5%), turşu ədədi 260 mq (mq KOH/q TNT), təbii neft turşularının miqdarı (80,7%), sabunlaşma ədədi 275 mq (mq KOH/q TNT), üzvi birləşmələrə hesablanmış mineral yağlar (fenollar, efirlər) 15,8%. Götürülmüş TNT fraksiya tərkibinə (həcmlə) ayrılmış, qaynama başlanğıcı və qaynama sonu müəyyən olunmuşdur. Götürülmüş təbii neft turşuları qarışığının fraksiyası aşağıdakı kimi olmuşdur (həcmcə %): qaynama başlanğıcı -260^{o}C, -10% (290^{o}C), -20% (300^{o}C), -30% (310^{o}C), -40% (320^{o}C), -50% (325^{o}C), -60% (355^{o}C), -70% (365^{o}C), -80% (375^{o}C), -90% (400^{o}C), qaynama sonu -430^{o}C. Efirlərin sintezində TNT-nin ümumi fraksiyası (260-400^{o}C geniş fraksiya), bu fraksiyadan ayrılmış dar fraksiyalarından - 260-300^{o}C, 300-355^{o}C və 300-355^{o}C fraksiyalarından istifadə olunmuşdur. TNT-nin həm ümumi fraksiyasının, həm də ümumi fraksiyadan ayrılmış dar fraksiyaların fiziki-kimyəvi xassələri tədqiq edilmişdir. Fraksiyaların fiziki-kimyəvi göstəriciləri aşağıdakı kimi müəyyən olunmuşdur. 260-400^{o}C-də qaynayan ümumi fraksiyanin fiziki-kimyəvi göstəriciləri: molekul kütləsi, 244 q/mol; sıxlığı (20^{o}C-də 902,5 kq/m^{3}); turşu ədədi 268,0 (mq KOH/q TNT); şüasındırma əmsalı 1,4674; fraksiya çıxımı 82%; 260-300^{o}C -də qaynayan fraksiyanın fiziki-kimyəvi göstəriciləri: molekul kütləsi, 225q/mol; sıxlığı (20^{o}C-də 856,1 kq/m^{3}); turşu ədədi 311,7 (mq KOH/q TNT); şüasındırma əmsalı 1,4666; fraksiya çıxımı 36%; 300-355^{o}C qaynayan fraksiyanın fiziki-kimyəvi göstəriciləri: molekul kütləsi, 220 q/mol; sıxlığı (20^{o}C-də 914,2 kq/m^{3}); turşu ədədi 232,0 (mq KOH/q TNT); şüasındırma əmsalı 1,4684; fraksiya çıxımı 24%; 300-355^{o}C qaynayan fraksiyanın fiziki-kimyəvi göstəriciləri: molekul kütləsi, 240 q/mol; sıxlığı (20^{o}C-də 902,5 kq/m^{3}); turşu ədədi 201,0 (mq KOH/q TNT); şüasındırma əmsalı 1,4670; fraksiya çıxımı 16% olmuşdur. Efirlərin alınması üçün istifadə olunmuş TNT-nin fraksiyalarının İQ-, ^{13}C NMR və ^{1}H NMR spektrləri çəkilmiş, spektrlər araşdırılaraq sonrakı tədqiqatlar üçün vacib olan TNT-nin quruluşları barədə fikir söyləməyə əsas vermişdir. Həm ümumi fraksiyanın, həm də dar fraksiyaların İQ- və NMR spektrlərində turşunun hidroksil OH və karboksil qrupunun karbonil qrupuna C=O, TNT-də tsiklin CH və CH_2-lərinə məxsus uyğun udulma zolaqları və siqnallar müəyyən olunmuşdur.

Tədqiqatın ilkin mərhələsində təbii neft turşularının ümumi fraksiyası və propilen oksidinin əsasında mürəkkəb efirlər qarışığı sintez edilmişdir, efirləşmə reaksiyası zamanı alınan efirin çıxımı 73-76% olmuşdur. Sintez olunmuş efirlərin dizel yanacağına komponent kimi əlavəsinin ilkin sınaqlarının nəticələri müsbət olmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, sintez

olunmuş efirlərin dizel yanacağı ilə 5 və 10 %-li kompozisiyaları onun bir sıra xassələrini yaxşılaşdırır.

Bu elmi-tədqiqat işi Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə aparılmışdır: Qrant layihəsi: №AEF-MGC-2025-1(54)-20/18/4-M-18)

ƏDƏBİYYAT

1. I.M. Saydakhmedov. Mixed Diesel Fuel With Additive Sesame Oil Esters For Diesel Engines. SOCAR Proceedings Special Issue No. 1, (2024), 009-013

2. Chead Yi Linn, Mohd Radzi Abu Mansor, Zul Ilham. Perfomance and Emission of Palm Oil Methyl Ester Biodiesel with Varions Additives in Direct Injection Diesel Engine // Journal of Advanced Reseatch in Materials Science, 72, İssue 1, (2020),1-14

3. Ass. Prof., PhD, V. Tkachuk1, Ass. Prof., PhD, Iu. Melnic2, Ass. Prof., PhD, O. Rechu. Operational properties of diesel fuel with the addition of rapeseed oil esters. Internatıonal Scıentıfıc Journal "Mechanızatıon In Agrıculture & Conservıng Of The Resources" Year LXVII, Issue 2, (2021), 61-63

TƏBİİ NEFT TURŞULARININ EFİRLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ FİZİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏDQİQİ

Abbasov V.M., Mürsəlov N.İ., Quliyeva G.M., Paşayeva Z.N., İsayeva G.Ə.

Xülasə

Təbii neft turşularının fraksiyalarının göstəriciləri analitik və spektral üsullarla tədqiq edilmiş, ümumi fraksiyası və propilen oksidi əsasında mürəkkəb efirlər qarışığı sintez olunmuş, bu efirlərin dizel yanacağına əlavəsi kimi aparılan elmi-tədqiat işlərində müsbət nəticələr alınmışdır. Müəyyən olunmuşdur ki, sintez olunmuş efirlərin dizel yanacağı ilə 5 və 10 %-li kompozisiyaları onun bir sıra xassələrini yaxşılaşdırır.

СИНТЕЗ ЭФИРОВ ПРИРОДНЫХ НЕФТЯНЫХ КИСЛОТ И ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Аббасов В.М., Мурсалов Н.И., Кулиева Г.М., Пашаева З.Н., Исаева Г.А.

Резюме

Показатели фракций природных нефтяных кислот были изучены аналитическими и спектральными методами, синтезирована смесь сложных эфиров на основе общей фракции и оксида пропилена, и получены положительные результаты в научных исследованиях, проведенных с использованием этих эфиров в качестве добавки к дизельному топливу. Установлено, что 5 и 10%-ные составы синтезированных эфиров с дизельным топливом улучшают ряд его свойств.

SYNTHESIS OF ESTERS OF NATURAL PETROLEUM ACIDS AND STUDY OF PHYSICAL PROPERTIES

Abbasov V.M., Mursalov N.I., Gulieva G.M., Pashayeva Z.N., Isayeva G.A.

Summary

The parameters of natural petroleum acid fractions were studied using analytical and

spectral methods. A mixture of esters based on the total fraction and propylene oxide was synthesized. Positive results were obtained in scientific studies using these esters as diesel fuel additives. It was found that 5% and 10% mixtures of the synthesized esters with diesel fuel improve a number of its properties.

para-ARİLALKİLFENOL TÖRƏMƏLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ TƏTBİQ SAHƏLƏRİNİN MÜƏYYƏN EDİLMƏSİ

[1]Rəsulov Ç.Q., [1]Heydərlı G.Z., [2]Qurbanlı Ü.R., [3]Süleymanova P.V.

[1] Akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, [2]Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, [3]Sumqayıt Dövlət Universiteti

heyderligunay6@gmail.com

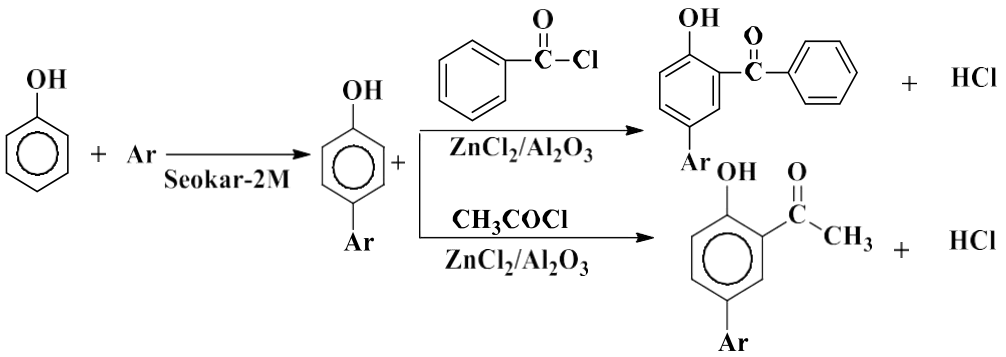
Açar sözlər: *Fenol, arilalkilləşmə, Seokar-2M, para-arilalkilfenol, asilləşmə, $ZnCl_2$/γ-Al_2O_3, asetofenon, benzofenon*

Keywords: *Phenol, arylalkylation, Seokar-2M, para-arylalkylphenol, acylation, $ZnCl_2$/γ-Al_2O_3, acetophenone, benzophenone.*

Ключевые слова: *Фенол, ариалкиллирование, Seokar-2M, пара-ариалкилфенол, ацилирование, $ZnCl_2$/γ-Al_2O_3, ацетофенон, бензофенон.*

Piroliz prosesi nəticəsində əldə olunan yan maye məhsullar üçün effektiv və geniş tətbiq sahələrinin tam müəyyən edilməməsi onların ətraf mühitə buraxılması ilə nəticələnir ki, bu da ekoloji çirklənmə riskini artırır. Bu baxımdan, aşağı oktanlı benzinlərin pirolizindən əldə olunan məhsulların kimyəvi emalı əsasında müxtəlif funksional əlavələrin sintezinə yönəlmiş yanaşmaların işlənib hazırlanması, həm bu yan məhsulların səmərəli dəyərləndirilməsi, həm də ətraf mühitə mənfi təsirlərin minimuma endirilməsi baxımından mühüm elmi-praktik əhəmiyyət kəsb edir [1-11].

Təqdim olunan işdə fenolun HCl ilə modifikasiya edilmiş “Seokar-2M” katalizatoru iştirakı ilə, piroliz prosesinin yan maye məhsullarının 130–190°C fraksiyası (PMMF) ilə arilalkilləşmə reaksiyaları öyrənilmişdir. Aparılan təcrübələr zamanı əsas kinetik parametrlərinin: temperaturun, müddətin, katalizator miqdarının və reagentlərin mol nisbətinin məhsul çıxımına və məqsədli məhsula görə seçiciliyə təsiri sistemli şəkildə araşdırılmışdır. Arilalkilləşmə prosesi 80-140°C temperatur intervalında, 2-8 saat müddətində, fenolun PMMF-ə nisbətinin 1:1-dən 1:4-ə intervalında və katalizatorun miqdarının 5–15% olduğu şəraitdə araşdırılmışdır. Arilalkilləşdirici komponent kimi istifadə olunan PMMF-in tərkibində əsasən doymamış karbohidrogenlər: stirol (32.18%), α-metilstirol (5.98%), viniltoluol (7.37%) və inden (4.28%) mövcuddur və bu birləşmələr fenol ilə reaksiyaya daxil olur. Reaksiya sonrası aparılan analizlər göstərmişdir ki, qeyd olunan komponentlərin miqdarı əhəmiyyətli dərəcədə azalır: stirol 3.42%-ə, α-metilstirol 0.95%-ə, viniltoluol 1.78%-ə, inden isə 2.52%-ə qədər düşür. Bu nəticələr fenolun arilalkilləşmə reaksiyasında əsasən stirol ilə qarşılıqlı təsirə girdiyini göstərir. Aparılan tədqiqatlar əsasında optimal şərait müəyyən edilmişdir: temperatur 115°C, reaksiya müddəti 5-6 saat, fenolun PMMF-ə mol nisbəti 1:3 və katalizatorun miqdarı fenola görə 10%. Bu şəraitdə para-arilalkilfenolun çıxımı fenola görə 78.6%, prosesin seçiciliyi isə 94.3% təşkil edir.



İkinci mərhələdə alınmış para-arilalkilfenol γ-Al_2O_3-ə hopdurulmuş $ZnCl_2$ katalizatoru iştirakında asetil (AcCl) və benzoil xloridlə (BzCl) asilləşmə reksiyalarına cəlb olunaraq, müvafiq olaraq aseto- və benzofenonlar alınmışdır. Sintez olunmuş maddələr polietilendə stabilizator, dizel yanacağında antioksidant kimi sınaqdan çıxarılmış və müsbət nəticələr əldə edilmişdir.

Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir
Qrant No AEF – MGC – 2024 – 2(50)- 16/11/4-M-11

ƏDƏBİYYAT

1. Haydarli G.Z., Jafarov R.P., Rasulov Ch.K., Manafova A.R. Optimization of the process of acylation of para-(1-methylcyclohexyl) phenol with acetic acid in the presence of a nanocatalytic system. Mir Nefteproduktov (in Russian), 2022, No.5, pp.32-36.
2. Haydarli G.Z., Naghiyeva M.V., Aghamaliyev Z.Z., Salmanova Ch.K., Rasulov Ch.K. Synthesis of 2-hydroxy-3[3(4)-methylcyclohexen-3-yl-isopropyl]-5-methyl-acetophenones. Chemistry and chemical technolo-gy, 2022, 65(3), 100-106.
3. Gasanov A.A., Kurbanli U.R., Rasulov Ch.K., Heydarli G.Z., Nagieva M.V. Synthesis and properties of 2-hydroxy-3[3(4)-methylcyclohexen-3-yl-isopropyl]-5-arylalkylacetophenone. Russian Chemical Journal, 2022, Vol.66, No.4, pp.42-48.
4. Haydarli G.Z., Hasanov A.A., Qurbanly U.R, Naghiyeva M.V., Rasulov Ch.K. Synthesis and properties of 2-hydroxy-3-[3(4)-methylcyclohexen-3-yl-izopropyl]-5-arylalkyla-cetophe-nones. Russian Journal of General Chemistry, 2023, Vol. 93, No. 3, pp.754-759
5. Gurbanli U.R., Hasanov A.A., Rasulov Ch.K., Haydarli G.Z., Naghiyeva M.V. Synthesis and properties of 2-hydroxy-3[3(4)-methyl-cyclohexen-3-yl-isopropyl]-5-arylkylaceto-phe-none. Химические технологии функцио-нальных материалов. 2023, pp. 308-309
6. Rasulov Ch.K., Hasanov A.A., Hasanova G.J., Heydarli G.Z. and Rustamov S.T. Polyphenols: general concepts and biological activity. Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 2024, 25(4), pp.1090-1107
7. Heydarli G.Z., Movsumova A.Kh., Rasulov Ch.K., Gasanova G.Dj. Cycloalkylation of ortho-chlorophenol with 1-methylcycloalkenes in the presence of phosphorus containing zeolite. Russian Chemical Journal, 2022, Vol.68, No.3, pp. 62-67
8. Haydarli G.Z., Jafarov R.P., Rasulov Ch.K., Dadashova A.M. Construction of a kinetic model of the acylation reaction of para-(1-methylcyclohexyl)phenol with acetic acid in the presence of nanostructured $ZnCl_2$. Bashkir Chemical Journal, 2023, Vol. 30, No. 4, pp.73-76
9. Heydarli G.Z., Rasulov Ch.K., Alieva N.M. Synthesis of 2-hydroxy-(3-methyl-cyclo-hexyl)-aceto- and benzophenones in the presence of a nano-catalytic system. Mir

Nefteproduktov (in Russian), 2023, No. 2, pp.22-26
10. Gurbanly U.R., Haydarli G.Z., Hasanov A.A., Rasulov Ch.K. Obtaining arylal-kylaceto(benzo)phenones on the basis of arylalkylation products of phenol and 130-190 ºC fraction of pyrolysis in the presence of KH-30M catalyst. Processes of petrochemistry and oil refining, 2023, Vol.24, №3, pp. 381-389
11. Rasulov Ch.K., Rustamov S.T., Naghiyeva, M.V., Heydarli G.Z. Alkylation of phenol and its homologues by cyclic olefins. Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 2025, Vol.26, №1, pp. 264-277

SYNTHESIS OF *para*-ARYLALKYLPHENOL DERIVATIVES AND DETERMINATION OF THEIR APPLICATION FIELDS

Rasulov Ch.K., Heydarli G.Z., Gurbanly U.R., Suleymanova P.V.

Summary

The presented study explores the alkylation reactions of phenol with the 130–190 °C fraction of by-products obtained from the pyrolysis of low-octane gasolines, in the presence of a “Seokar-2M” catalyst impregnated with hydrochloric acid. At the next stage, the obtained para-arylalkylphenols were acylated with acetyl and benzoyl chloride in the presence of a $ZnCl_2$ catalyst supported on γ-Al_2O_3. Compounds were tested as a stabilizers in polyethylene and as antioxidants in diesel fuel.

СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ *пара*-АРИЛАЛКИЛФЕНОЛОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

Расулов Ч.К. , Гейдарли Г.З., Гурбанлы У.Р., Сулейманова П.В.

В настоящем исследовании изучены реакции алкилирования фенола фракцией 130–190 °C побочных продуктов, полученных при пиролизе низкооктановых бензинов, в присутствии катализатора «Seokar-2M», модифицированного соляной кислотой. На следующем этапе полученные пара-арилалкильфенолы подвергались ацилированию ацетил и бензоилхлоридом в присутствии катализатора $ZnCl_2$, нанесённого на γ-Al_2O_3. Полученные соединения были оценены в качестве стабилизаторов полиэтилена и антиоксидантов дизельного топлива.

PRODUCTION OF 2[3(4)-METHYLCYCLOHEXEN-3-YL-ISOPROPYL]-4-METHYLPHENOLS AND THEIR ACYLATION REACTIONS WITH ACETYL CHLORIDE

[1]Naghiyev A.V., [1]Heydarli G.Z., [1,2]Aghamaliyev Z.Z., [1]Alazova A.S.
[1]Institute of Petrochemical Processes Named After Academician Y.G. Mamedaliyev
[2]Azerbaijan State Oil and Industry University

Keywords: *p-cresol, isoprene cyclodimers, acetyl chloride, catalyst, alkylation, acylation, cycloalkylacetophenones.*

Ключевые слова: *пара-крезол, циклодимеры изопрена, ацетил хлорид, катализатор, алкилирование, ацилирование, циклоалкилацетофеноны*

Açar sözlər: *para-krezol, izopren tsiklodimerləri, asetil xlorid, katalizator, alkilləşmə, asilləşmə, tsikloalkilasetofenonlar.*

Alkylphenol-based chemical additives are widely and effectively used across various industrial sectors. They serve as key starting materials in the production of efficient antioxidants, plasticizers, additives, as well as thermal and photostabilizers for polymer materials, synthetic rubbers, oils, and fuels. In addition, these compounds are extensively applied in the synthesis of components for next-generation catalysts used in oligo- and polymerization processes. They are also utilised in agriculture, where they are incorporated into formulations designed to protect plants against pests and diseases [1-5].

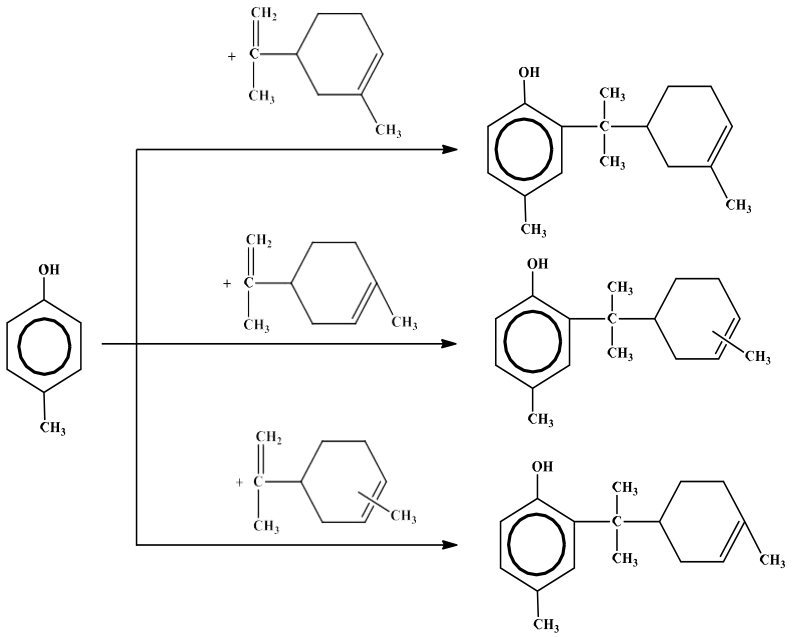
The present study focuses on investigating the alkylation of p-cresol with diprene, dipentene, and their mixture in the presence of the KN-30 catalyst, as well as on the synthesis of cycloalkylacetophenones based on the obtained products.

As a result of the alkylation of p-cresol with cyclodimers of isoprene, the corresponding sterically hindered phenols are formed:

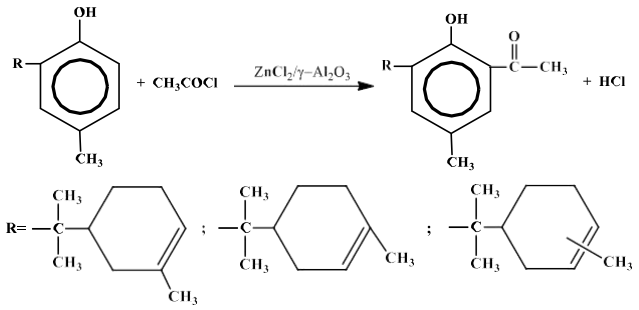
It was found that, unlike the alkylation of *p*-cresol with other alkylating agents, the reaction with isoprene cyclodimers requires more rigorous conditions. This difference is attributed to the distinct reactivity of the cyclodimers of isoprene.

The effect of key reaction parameters on the alkylation of p-cresol was systematically investigated, including temperature (90-140°C), reaction time (3-7 hours), molar ratio of p-cresol to methylcycloalkenes (from 2:1 to 1:2) and the amount of catalyst (5-20% relative to p-cresol).

Based on these studies, optimal conditions were determined for the alkylation of p-cresol with diprene, dipentene, and the isoprene cyclodimer in the presence of the KN-30 catalyst. It was found that at a reaction temperature of 130-140°C, a duration of 5-6 hours, a molar ratio of reactants 1:1 and a catalyst amount of 12-15%, the yield of the target product (based on p-cresol) reached 68.2-73.7%, with a selectivity of 86.4-93.1%.



The acylation of 2-cycloalkyl-4-methylphenols with acetyl chloride in the presence of impregnated nano-structured $ZnCl_2/\gamma\text{-}Al_2O_3$ proceeds according to the following scheme:



The influence of parameters on the acylation of cycloalkyl-substituted p-cresol derivatives was evaluated, including temperature (100-160°C), reaction time (20-50 minutes), and the molar ratio of 2-mono-cycloalkyl-4-methylphenols to acetyl chloride (from 1:1 to 1:3).

As a result, the optimal conditions for synthesising 2-hydroxy-3-[3(4)-methylcyclohexen-3-yl-isopropyl]-5-methylacetophenones were determined to be a reaction temperature of 140-145°C, a reaction time of 40-45 minutes, and molar ratio of cycloalkylphenols to acetyl chloride.1:2 Under these conditions, the yield of the target product reached 68.9-75.3% of the theoretical value based on the initial cycloalkylphenols.

REFERENCES

1. Zokirova U.T., Khidirova N.K., Koroleva A.A. et al. Alkylation by polyprenols of ortho- and para-cresols: synthesis of isomeric polyprenylcresols // Chemistry of Natural Compounds. - 2020. — V. 56, Nº 1. — P. 39-43

2. Talanova M.Yu., Guojun M., Karakhanov E.A. et al. Mesoporous aromatic frameworks modified by metal chlorides in phenol alkylation with oct-1-ene // Russian chemical bulletin. - 2019. — V. 68, Nº 11. - P. 2083-2087

3. Rasulov Ch.K., Rustamov S.T., Naghiyeva M.V., Gasanova G.J., Heydarli G.Z. Alkylation of phenol and its homologs by cyclic olefins. Processes of petrochemistry and oil refining,Vol.26, No.1, 2025, pp. 264-277

4. Gurbanova U.R., Rasulov Ch.K., Aghamaliyev Z.Z., Hajiyeva G.F. Cycloalkylation Reactions of Phenol with Methylcyclohexenes in the Presence of an Environmentally Friendly Catalyst. In Proceedings of the II International Scientific and Technical Conference “Modern Problems of Macromolecular Compounds Technology” Dedicated to the 105th Anniversary of Azerbaijan State Oil and Industrial University, 2025, pp. 28

5. Heydarli G.Z. Acylation Reactions of para-(3-Methylcyclohexyl)phenol with Benzoyl Chloride in a Nano-Catalytic System. Journal of Qafqaz Uni, 2021,Vol.5,No.1, pp.15–19

ПОЛУЧЕНИЕ 2[3(4)-МЕТИЛЦИКЛОГЕКСЕН-3-ИЛ-ИЗОПРОПИЛ]-4-МЕТИЛФЕНОЛОВ И АЦИЛИРОВАНИЯ ИХ АЦЕТИЛ ХЛОРИДОМ

Нагиев А.В., Гейдарлы Г.З., Агамалиев З.З., Алазова А.С.

Абстракт

Представлены результаты циклоалкилирования п-крезола дипреном, дипентеном и их смесью в присутствии катализатора КН-30 и изучено влияние основных параметров реакции на выход продукта и селективность реакции. Оптимальные условия были определены как температура 130-140°C, время реакции 5-6 ч, молярное соотношение *п*-крезола к метилциклоалкенам 1:1 и количество катализатора 12-15%. При этих условиях циклоалкилфенолов составил 68.2-73.7%, а селективность 86.4-

93.1%. Полученные 2-[3(4)-метилциклогексен-3-ил-изопропил]-4-метилфенолы далее подвергали ацилированию ацетилхлоридом в присутствии пропитанного нано-структурированного $ZnCl_2/\gamma\text{-}Al_2O_3$, при этом целевые продукты были получены с выходом 68.9-75.3%.

2[3(4)-METİLTSİKLOHEKSEN-3-İL-İZOPROPİL]-4-METİLFENOLLARIN ALINMASI VƏ ONLARIN ASETİL XLORİDLƏ ASİLLƏŞMƏSİ

Нагиев А.В., Гейдарлы Г.З., Агамалиев З.З., Алазова А.С.

Xülasə

p-Krezolun dipren, dipenten və onların qarışığı ilə KH-30 katalizatoru iştirakında alkilləşmə reaksiyalarının nəticələri təqdim olunmuş və kinetik parametrlərin məqsədli məhsulun çıxımına və reaksiyanın seçiciliyinə təsiri öyrənilmişdir. Optimal şəraitlərin − temperatur 130-140°C, reaksiya müddəti 5-6 saat, p-krezolun metiltsikloalkenlərə mol nisbəti 1:1 və katalizator miqdarı 12-15% olduğu müəyyən edilmişdir. Bu şəraitlərdə tsikloalkilfenolların çıxımı 68.2-73.7%, selektivlik 86.4-93.1% təşkil edir. Əldə edilən 2-[3(4)-metiltsikloheksen-3-il-izopropil]-4-metilfenollar daha sonra hopdurulmuş nano-strukturlu $ZnCl_2/\gamma\text{-}Al_2O_3$ iştirakı ilə asetil xloridlə asilləşdirilmişdir və 68.9-75.3% çıxımla məqsədli məhsullar alınmışdır.

SİRKONİUM ƏSASLI KATALİZDƏ SON NAİLİYYƏTLƏR VƏ ONUN BİOLOJİ AKTİV MADDƏLƏRİN SİNTEZDƏ TƏTBİQİ

Musazadə K., Babayev E., Əfədi Ü., Nəbiyeva M.
ARETN, Kimya İnstitutu
iradam@rambler.ru

Acar sözlər: *Sirkonium, katalizator, bioloji aktiv birləşmələr.*
Keywords: *Zirconium, catalyst, biologically active compounds.*

İkinci sıra keçid metalı sirkonium (Zr) çox parlaq və bol miqdardadır və diş implant-larında, protez əzalarında, diz və kalça protezlərində və nüvə tibbində istifadə edilə bilər. Həmçinin bu cihazlarda biomaterial kimi istifadə üçün də uyğundur [1–3] Kimyəvi reaksiyalar, elektrik sahələri, kataliz, elektrokimyəvi sensorlar və proton keçiriciliyi sahələrində ümidverici nəticələr göstərir. Zr, son dərəcə reaktiv metal olduğuna görə 20-ci əsrin ortalarından bəri bir çox tədqiqatın mərkəzində olmuşdur. Sirkonium titan qədər bioloji uyğunluqlu olduğundan, ortopedik və stomatoloji tətbiqlərdə istifadə edilə bilər. Aşağı ion sitotoksikliyinə malikdir və yüksək dərəcədə osteo uyğunluqludur. Zr tərkibli sorbentlər nefrologiya sahəsində hemofiltrasiya, hemodializ, peritoneal dializ və yeyilə bilən böyrək inkişafı üçün tətbiq edilmişdir. Zr insan sağlamlığına zərərli bir material hesab edilmir.

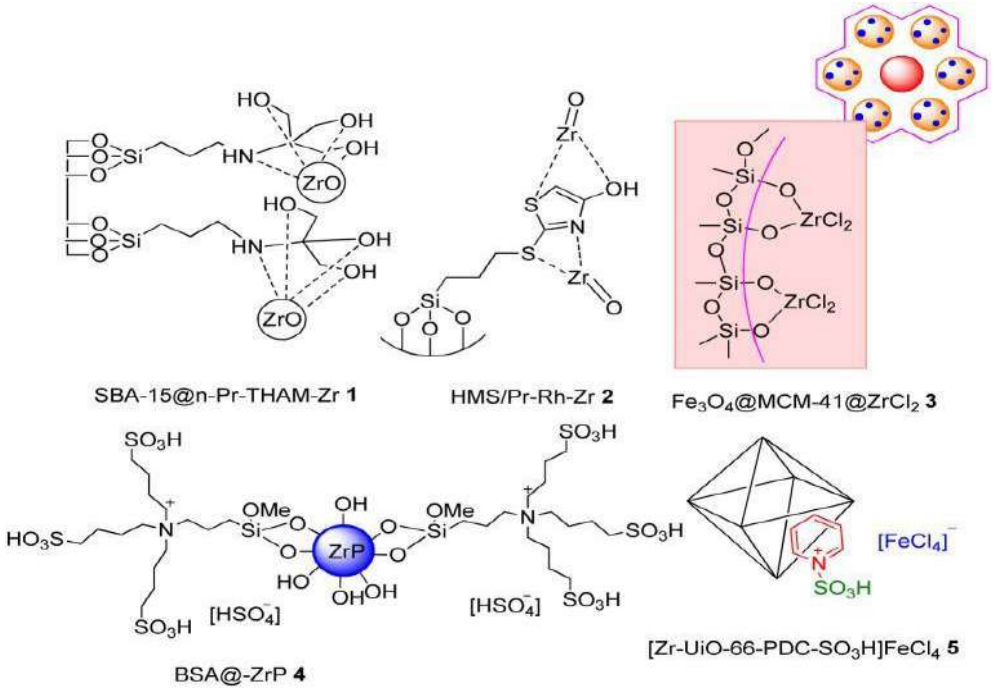
Modifikasiya edilmiş SBA-15 üzərində dəstəklənən tris(hidroksimetil)aminometan-sirkonium kompleksi (SBA-15@n-Pr-THMAM-ZrO) (1), sənaye baxımından əhəmiyyətli altı üzvlü N tərkibli heterosiklik birləşmələrin çoxkomponentli sintezini effektiv şəkildə katalizləşdirən yeni bir mezoməsaməli katalizatordur. Altıbucaqlı mezoməsaməli silisium əsaslı katalizator HMS/Pr-Rh-Zr böyük bir səth sahəsinə, böyük məsamə həcminə və qurd

dəliyi məsamələrinə malikdir ki, bu da onu heterojen katalizatorların sintezi üçün ideal bir dəstək halına gətirir. Funksionallaşdırılmış altıbucaqlı mezoməsaməli silisium (HMS) üzərində Zr-rodanin kompleksini immobilizasiya etməklə hazırlanan HMS/Pr-Rh-Zr katalizatoru, tetrahidrobenzo[b]piran törəmələrinin sintezini səmərəli şəkildə katalizləşdirir və əhəmiyyətli dərəcədə aktivlik itkisi olmadan təkrar istifadə edilə bilər.

Biginelli reaksiyası vasitəsilə 3,4-dihidropirimidin-2(1H)-onların sintezi, qısa müddətdə yaxşıdan əla məhsuldarlıqla reaksiyaları katalizləşdirə bilən çarpaz əlaqəli katalizator olan Zr(İV) porfirin qrafen oksidinin katalitik aktivliyini sınaqdan keçirmək üçün istifadə edilmişdir. Katalizator, Zr(IV) koordinasiyalı 5,10,15,20-tetrakis(aminofenil) porfirinin (ZrPPh) GO (GO-ZrPPh) kənarlarının karboksil qrupları ilə nukleofil reaksiyası yolu ilə yaradılmışdır. Fe_3O_4@MCM-41@$ZrCl_2$ çoxkomponentli reaksiya vasitəsilə naftolların sintezi üçün tədqiq edilmiş nüvə-qabıq maqnit mezoməsaməli nanokompozitdir. Hədəf nanokompozitin sintezdə əlverişli səmərəliliyi, MCM-41-in unikal mezo məsaməli birləşmə kimi xüsusi keyfiyyətlərinin, Fe_3O4 maqnit nanopartikullarının xoşagələn maqnit təbiətinin və sirkoniumun əhəmiyyətli katalitik tətbiqlərinin birləşməsi ilə induksiya edilmişdir. Al-sütunlu α-sirkonium fosfatda dispersləşdirilmiş sulfonlaşdırılmış polivinil spirtindən ibarət hibrid katalizator olan SPVAZP-nin katalitik aktivliyi, çoxkomponentli 4,6-diarilpirimidin-2(1H)-onların tək qablı sintezi üçün araşdırılmışdır. ZP və AZP materialları sulfonlaşdırılmış polivinil spirt dispersiyası üçün əsas qəfəs rolunu oynamışdır. α-sirkonium fosfat əsaslı nanokatalizatorlar BSA@α-ZrP4 və α-ZrP/urasil/Cu^{2+}, 2-əvəzli benzimidazolların sintezində perspektivli katalitik aktivlik nümayiş etdirmişdir. α-ZrP, butan sulfon turşusu (BSA) və urasil kimi yaşıl üzvi molekullar üçün sabit bir dəstək kimi, eləcə də metal qarşılıqlı təsirlərini tənzimləmək üçün istifadə olunur.20 Mezo məsaməli katalizator $FeCl_4$@[Zr-UiO-66-PDC-SO_3H], urasil və xına hissələrini özündə birləşdirən bioloji cəhətdən əhəmiyyətli dihidrobenzo[g]pirimido[4,5-b]kinolin törəmələrinin sintezi üçün istifadə olunur.

Maqnit kömür materialı üzərində dəstəklənən ZrO_2 ilə $CoFe_2O_4$/BC-ZrO, xarici maqnit sahəsi tərəfindən geri alına bilən və aktivliyini nəzərəçarpacaq dərəcədə itirmədən ən azı beş dəfə təkrar emal edilə bilən təsirli bir katalizatordur. Spiro[furo[3,4-b]kinolinin] bir qazanda sintezi üçün yüksək katalitik aktivlik nümayiş etdirir. Nano-ZrO_2-nin əsas üstünlüyü, orta dərəcədə təkrar emal qabiliyyəti nümayiş etdirməsi və selektivliyinə əlavə olaraq dekantasiya yanaşması və ya əsas filtrasiya ilə bərpa edilə bilməsidir. Nano-ZrO_2-nin əsas üstünlükləri onun yüksək təkrar istehsal qabiliyyəti, istifadə rahatlığı, təkrar emal edilə bilən təbiəti, aşağı mol faizi və üzvi çevrilmələr zamanı lehimləmə təsirinin olmamasıdır. Nano-ZrO_2 katalizatoru quru etanolda beş dövrə qədər əla təkrar emal qabiliyyəti nümayiş etdirdi. Benzimidazolların, dihidropirimidinonların, imidazolların, və piranopirazolların sintezində katalitik aktivlik öyrənilir. Kobalt tərkibli sulfat sirkonium ($ZrO_2/SO_{42}-$/Co) effektiv heterogen təkrar emal edilə bilən çoxfunksiyalı nanokatalizatordur. Katalizatorun demək olar ki, minimal metal lehimləmə ilə heterogen təbiəti isti filtrasiya sınağı ilə nümayiş etdirilir. Minimal səmərəlilik itkisi ilə katalizator ardıcıl olaraq ən azı səkkiz dövr ərzində təkrar emal edilir. Katalizatorun 1,8-diokso-oktahidroksanten istehsalını katalizləşdirmək qabiliyyəti araşdırılmışdır Zr-KIT-6, N-aril pirrollarının sintezi üçün araşdırılan ucuz, ekoloji cəhətdən təmiz bir Lewis turşusu katalizatorudur. KIT-6 çərçivəsinə Zr əlavə edilməsi onun dispersiyasını yaxşılaşdırdığı üçün ZrO_2-dən daha yaxşı aktivlik nümayiş etdirir. KIT-6,

reaktivlər və böyük məhsul molekulları üçün kütlə daşınmasını yaxşılaşdıran yüksək səth sahəsi və fərqli Ia3d kubik məsaməli şəbəkəsi səbəbindən seçilmişdir (şəkil 1).



Şəkil 1. Mühüm sirkonium əsaslı komplekslər.

Sirkonium katalizatoru biologiya üçün müxtəlif formalarda vacib olan üzvi birləşmələrin sintezində istifadə olunur. Tibbi əhəmiyyətə malik iki təbii piranon törəməsi kiral sirkonium kompleksləri və asimmetrik hetero-Diels-Alder reaksiyasından istifadə edərək tez və səmərəli şəkildə sintez edilmişdir: (+)-prelakton C_6 və (+)-9-deoksigoniopipiron 7.30,33 Piridopirimidin 8 törəmələri çoxsaylı bioloji tətbiqlərinə görə çox arzuolunandır, o cümlədən antiaqressiv, antihipertenziv, antiastmatik, tuberkulostatik, antimikrob, kalsium kanal antaqonistləri, antiilmaniya, antikonvulsantlar, antibakterial, diuretik və kalium qoruyucu, antiiltihab və analjezik, eləcə də antiallergik və antifolat46 xüsusiyyətlərinə malikdir.

Bundan əlavə, piridinlərin herbisidlər, insektisid agentləri, antaqonistlər və inhibitorlar kimi fəaliyyət göstərdiyi məlumdur. β-amino karbonil törəmələri və benzilamino kumarin törəmələri 11-in sintezi maqnit heterojen nanokatalizator olan ZrO_2 tərəfindən asanlaşdırılır.51 Mannich reaksiyası çoxsaylı təbii və əczaçılıq məhsullarında tapılan vacib sintetik aralıq məhsullar olan β-amino karbonil birləşmələrini verir. Benzilamino kumarinləri antioksidan, HİV əleyhinə və antikoaqulyant xüsusiyyətlərinə malik heterosiklik kimyəvi ailənin əhəmiyyətli üzvləridir. Nano-kristal sulfatlı sirkon (benzo-2-piron törəmələri) ilə kataliz edilən kumarinlər müxtəlif bioaktivliklərə və digər istifadə sahələrinə malik əhəmiyyətli kumarin birləşmələridir. β-Metilumbelliferon və ya 7-hidroksi 4-metil kumarin 9, insektisidlər və furano kumarinləri hazırlamaq üçün xammal kimi istifadə edilə bilən faydalı lazer boyası və flüoresan parladıcıdır. Eynilə, 7-amino 4-metil kumarin üçün əsas tətbiqlər bioaktiv birləşmələrin sintezində aralıq məhsul və lazer boyası kimidir.

Sirkonium katalizinin sintetik faydasını nəzərə alaraq, əhəmiyyətli tədqiqat qrupları onun diqqətəlayiq tətbiqlərini ümumiləşdiriblər. Lakin üzvi sintez üçün sirkonium katalizinin istifadəsini vurğulayan çox az sayda hesabat dərc olunub. 2022-ci ildə Penqin tədqiqat qrupu üzvi sintezdə sirkonium katalizini ümumiləşdirib. Bu işdə müxtəlif üzvi çevrilmələri

asanlaşdırmaq üçün həm siklopentadienil (Cp) ligandlarını özündə birləşdirən, həm də olmayan qeyri-üzvi sirkonium katalizatorlarının tətbiqi vurğulanır. 2024-cü ildə Chattopadhyay sirkonium əsaslı metal-üzvi çərçivələrin (MOF) hərtərəfli icmalını təqdim edərək, onların sintezini ətraflı izah etdi və biotibbi tətbiqlərdəki potensialını vurğuladı. 2011-ci ildə Zhang, sirkonium vasitəçiliyi ilə üzvi adlandırılmış reaksiyaları əhatə edən üzvi sintezdə sirkonium katalizatorlarının tətbiqlərini nəzərdən keçirdi. Üzvi sintez üçün sirkonium əsaslı bərk turşuların ümumi icmalı, onların istifadəsi ilə məhdudlaşaraq, 2011-ci ildə N.Patil tədqiqat qrupu tərəfindən təqdim edildi. Heterotsiklik bioaktiv üzvi birləşmələrin sirkonium vasitəçiliyi ilə sintezi və onların mürəkkəb reaksiya mexanizmləri icmalımızın əsas mövzusudur. 2022-ci ildən bəri sirkonium vasitəçiliyi ilə üzvi sintez haqqında heç bir hərtərəfli icmal dərc olunmayıb. Bu, icmalımızın həll etməyi hədəflədiyi əhəmiyyətli bir tədqiqat boşluğunu əhatə edir.

Bioaktiv molekulların sintezində sirkonium metal əsaslı katalizin tədqiqi əczaçılıq inkişafını irəlilətmək və bioloji aktiv birləşmələr yaratmaq üçün əhəmiyyətli potensial yaratmışdır. Bu tədqiqat sirkonium katalizindəki ən son nailiyyətləri nümayiş etdirir və onun effektivliyini və çox yönlülüyünü vurğulayır. Sirkonium katalizi imidazol, pirazol, pirimidinon, xinolin, xinazolinon, piridin, pirrol, benzopiran, əvəz olunmuş amid və triazolidin kimi müxtəlif bioaktiv heterosiklik molekulların sintezi üçün davamlı, səmərəli və uyğunlaşa bilən bir vasitə kimi ortaya çıxır. Bu, mürəkkəb kimyəvi strukturların əla səmərəliliklə sintezini asanlaşdırır və farmakoloji birləşmələrin modifikasiyası üçün yeni təkliflərin hazırlanmasını təşviq edir. Sirkonium katalizi, davamlılığı təşviq edərkən mülayim şəraitdə mürəkkəb reaksiyalara imkan verən güclü bir sintetik vasitədir. Maliyyə baxımından səmərəliliyi, sabitliyi və təkrar emal qabiliyyəti sayəsində sirkonium katalizatorları gələcək tədqiqatlar üçün ümidverici üstünlüklər təklif edir. Əczaçılıq istehsalında digər metal katalizatorlar əvəzinə yaşıl və sabit sirkonium katalizatorlarından istifadə etmək vacibdir. Daha yaşıl ligandların, kiral sirkonium katalizatorlarının və Zr əsaslı MOF-ların heterogen katalizatorlar kimi işlənməsi gələcək tədqiqatları gücləndirir. 2022-ci ildən sonra sirkonium vasitəçiliyi ilə bioloji aktiv birləşmələrin üzvi sintezində hərtərəfli icmal dərc olunmadığı üçün bu sahədə əhəmiyyətli bir tədqiqat boşluğu mövcuddur ki, bunu doldurmağa çalışmışıq.

ƏDƏBİYYAT

1. Ghorbani-Choghamarani A. Aghavandi H. Mohammadi M. Mesoporous SBA-15@ n-Pr-THAM-ZrO organic–inorganic hybrid: as a highly efficient reusable nanocatalyst for the synthesis of polyhydroquinolines and 2, 3-dihydroquinazolin-4 (1h)-ones. *J. Porous Mater.* 2021;28:1167–1186.

2. Patil N.A. Kandasubramanian B. Biological and mechanical enhancement of zirconium dioxide for medical applications. *Ceram. Int.* 2020;46(4):4041–4057

3. Singh G. et al., Synthesis of Schiff base functionalized organosilatranes for the detection of Zirconium (IV) ion: Their cytotoxicity evaluation and anti-inflammatory activity against cyclooxygenase-2 via computational approach. *Appl. Organomet. Chem.* 2024;38(1):e7297.

LATEST ADVANTAGES IN ZIRCONIUM-BASED CATALYSIS AND ITS APPLICATION IN THE SYNTHESIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Musazade K., Babayev E., Afedi U., Nabiyeva M.

Summary

In recent years, organic synthesis using transition metal catalysts has gained considerable importance. Zirconium, a second-row transition metal, has gained popularity due to its luster and abundance, but it is more expensive than other transition metals due to the difficulty of purification and processing. In particular, active zirconium-based catalysts attract researchers due to their low toxicity, availability, flexibility, and excellent dispersion. This review focuses on the latest zirconium-based catalysts and the associated synthetic mechanisms reported since 2020 for the production of pharmaceutical compounds and bioactive molecules. The review discusses in detail the synthesis of various heterocyclic compounds, such as imidazole, pyrazole, pyrimidinones, quinolines, quinazolinones, pyridines, pyrroles, benzopyrans, substituted amides, and triazolidine-based bioactive molecules. Future research in this area will provide a foundation for further understanding the possibilities of sustainable and affordable synthesis of bioactive compounds using zirconium-based catalysts.

SİRKONİUM ƏSASLI KATALİZDƏ SON NAİLİYYƏTLƏR VƏ ONUN BİOLOJİ AKTİV MADDƏLƏRİN SİNTEZDƏ TƏTBİQİ

Musazadə K., Babayev E., Əfədi Ü., Nəbiyeva M.

Xülasə

Son illərdə keçid metalı ilə katalizləşdirilmiş üzvi sintez böyük əhəmiyyət kəsb etmişdir. İkinci sıra keçid metalı olan sirkonium, parıltısı və bolluğu sayəsində məşhurlaşmışdır, lakin saflaşdırılması və emalı çətin olduğu üçün digər keçid metallarından daha bahalıdır. Xüsusilə, aktiv sirkonium əsaslı katalizatorlar aşağı toksikliyi, əlverişliliyi, elastikliyi və əla dispersiyası səbəbindən tədqiqatçıları valeh etmişdir. Bu icmal, 2020-ci ildən bəri bildirilən dərman birləşmələrinin, bioaktiv molekulların istehsalında istifadə edilən ən son sirkonium katalizatorlarına və müvafiq sintez mexanizmlərinə yönəlmişdir. Bu icmalda imidazol, pirazol, pirimidinonlar, xinolinlər, xinazolinonlar, piridinlər, pirrollar, benzopiranlar, əvəz olunmuş amidlər və triazolidin əsaslı bioaktiv molekullar kimi müxtəlif heterosikliklərin sintezi ətraflı müzakirə olunur. Bu sahədə gələcək tədqiqatlar, sirkonium katalizləşdirilmiş bioloji aktiv birləşmələrin davamlı və əlçatan sintezinin əhatə dairəsini daha da geniş anlamağa əsas verir.

LATEST ADVANTAGES IN ZIRCONIUM-BASED CATALYSIS AND ITS APPLICATION IN THE SYNTHESIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

Musazade K., Babayev E., Afadi U., Nabiyeva M.

Abstract

In recent years, transition metal-catalysed organic synthesis has received great importance. Zirconium, a second-row transition metal, has gained prominence owing to its luster and abundance, but it is more expensive than other transition metals because it is difficult to refine and process. In particular, active zirconia-based catalysts have fascinated researchers owing to their low toxicity, affordability, flexibility and excellent dispersion. This review focuses on the latest zirconium catalysts used in the manufacturing of medicinal compounds, bioactive molecules and pertinent synthesis mechanisms reported since 2020. In this review, the synthesis of various heterocycles such as imidazoles, pyrazole, pyrimidinones, quinolines, quinazolinones, pyridines, pyrroles, benzopyrans, substituted

amides and triazolidine-based bioactive molecules is discussed in detail. Future research in this area is based on further understanding the scope of zirconium catalysed sustainable and approachable synthesis of biologically active compounds.

VAKKUM QAZOYLUNUN İŞLƏNMİŞ ŞİN QIRINTILARI VƏ TULLANTI BİTKİ YAĞLARI İLƏ ULTRASƏSLİ KAVİTASİYA TƏSİRİNDƏ TERMİKİ VƏ TERMOKATALİTİK ÇEVRİLMƏ PROSESLƏRİ TƏDQİQİ

Məmmədova T.A., <u>İmanova A.A.,</u> Əliyeva Z.M., Səmədov R.T., Əhməd S.K.
[1]ARETN, akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
[2] Bakı Ali Neft Məktəbi
imanovaafaq@gmail.com

Açar sözlər: *Şin tullantıları, rezin təkrar emalı.*
Keywords: *Tire waste, rubber recycling.*
Ключевые слова: *Отходы шин, переработка резины.*

Giriş

İşlənmiş şinlərin təkrar emalı həm tullantıların azalmasına, həm də yeni məhsulların istehsalı üçün xammal əldə edilməsinə imkan yaradır. Bu proses təbii resurslara qənaət edir və ekoloji tarazlığın qorunmasına kömək edir.

Şinlərin təkrar emalı bir neçə mərhələdən ibarətdir. İlk mərhələdə istifadə olunmuş şinlər toplanır və çeşidlənir. Bu mərhələdə şinlərin ölçüsünə və vəziyyətinə görə ayrılması həyata keçirilir. Daha sonra şinlər xüsusi avadanlıqlar vasitəsilə kiçik hissələrə parçalanır. Parçalanma prosesindən sonra şinlərin tərkibində olan metal və digər materiallar ayrılır. Bu mərhələdə maqnit separatorları istifadə olunur. Metal hissələr ayrıldıqdan sonra rezin material müxtəlif ölçülü qranullar halına gətirilir. Əldə olunan rezin qranulları müxtəlif sahələrdə istifadə edilə bilər. Məsələn, yol tikintisində asfalt qarışıqlarına əlavə olunur, idman meydançalarının örtüyünün hazırlanmasında istifadə edilir və müxtəlif rezin məmulatların istehsalında tətbiq olunur.

İşlənmiş şinlərin təkrar emalı bir çox üstünlüklərə malikdir. İlk növbədə, bu proses ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını alır. Şin tullantıları açıq ərazilərdə yığıldıqda torpağın və suyun çirklənməsinə səbəb ola bilər. Təkrar emal isə bu problemin qarşısını alır.

Beləliklə yuxarıda sadalalanları nəzərə alaraq təqdim olunan işdə vakkum qazoylunun işlənmiş şin qırıntıları və tullantı bitki yağları ilə 10% -li qarışıqlarının ultrasəsli kavitasiya təsirində termiki və termokatalitik çevrilmə prosesləri tədqiq olunmuşdur. Cədvəl 1- də vakkum qazoylunun 10% küt. Şin qırıntıları və 10% küt. işlənmiş pambıq yağı ilə qarışığının 500 0C və Seokar -600 katalizatorunun iştirakında ultrasəs kavitasiya təsirində aparlan termokatalitik çevrilməsindən alınan qaz fraksiyasının tərkibi göstərilmişdir [1-3].

Cədvəl 1.

Vakkum qazoylunun 10% küt. şin qırıntıları və 10% küt. işlənmiş pambıq yağı ilə qarışığının termokatalitik çevrilməsindən alınan qaz fraksiyasının tərkibi

Prosesində alınan qazların tərkibi, % küt	$\frac{Vak\ qaz + 10\%\ PY + 10\%\ ŞQ}{U/Səs}$
CH_4	13.2
Etan	6.1
Etilen	11.4
Propan	6.9
Propilen	22.6
Butan	8.5
i-butan	20.0
Digər qazlar	11.3

Əldə edilən qazların tərkibinin təyini göstərmişdir ki, onlar əsasən metan (13.2,% küt), etan/etilen (17.5% küt.) propan/propilen (29.5% küt.), butan (8,5 % küt), i-butan (20.0% küt), qazları ilə təmsil olunurlar.

ƏDƏBİYYAT

1. Waham Ashaier Laftah, Wan Aizan Wan Abdul Rahman, //A comprehensive review of tire recycling technologies and applications//Materials Advances 2025,vol.6,N:15,səh.4992–5010.

Yaghi A., Ali L., Altarawneh M. //Recent Advances on Thermochemical Recycling of

2. End-of-Life Tires and Their Coblending with Waste Plastic Fractions.// ACS Omega-2025, vol. 10, N:25, səh. 26233-26249.
3. Hashamfirooz M., Dehghani M.H., Khanizadeh M., Aghaei M., Bashardoost P., Hassanvand M.S.,// A systematic review of the environmental and health effects of waste tires recycling.// Heliyon- 2025, vol.11., N:2, e41909.

VAKKUM QAZOYLUNUN İŞLƏNMİŞ ŞİN QIRINTILARI VƏ TULLANTI BİTKİ YAĞLARI İLƏ ULTRASƏSLİ KAVİTASİYA TƏSİRİNDƏ TERMİKİ VƏ TERMOKATALİTİK ÇEVRİLMƏ PROSESLƏRİ TƏDQİQİ

Məmmədova T.A., İmanova A.A., Əliyeva Z.M., Səmədov R.T., Əhməd S.K.

Xülasə

Təqdim olunan işdə vakkum qazoylunun10% küt. şin qırıntıları və 10% küt. işlənmiş pambıq yağı ilə qarışığının 500 ^{0}C və Seokar -600 katalizatorunun iştirakında ultrasəs kavitasiya təsirində aparlan termiki və termokatalitik çevrilmə prosesləri tədqiq olunmuşdur. Əldə edilən qazların tərkibinin təyini göstərmişdir ki, onlar əsasən metan (13.2,% küt), etan/ etilen (17.5% küt.) propan/propilen (29.5% küt.), butan (8,5 % küt), i-butan (20.0% küt), qazları ilə təmsil olunurlar.

INVESTİGATİON OF THERMAL AND THERMOCATALYTİC CONVERSİON PROCESSES OF VACUUM GAS OİL WİTH WASTE TİRE CRUMBS AND WASTE VEGETABLE OİLS UNDER THE EFFECT OF ULTRASONİC CAVİTATİON

Abstract

In the presented work, the processes of thermal and thermocatalytic conversion of a mixture of vacuum gas oil with 10 wt.% tire crumbs and 10 wt.% waste cottonseed oil were studied at a temperature of 500 °C under the influence of ultrasonic cavitation in the presence of the Seokar-600 catalyst. The analysis of the composition of the obtained gases showed that they are mainly represented by methane (13.2 wt.%), ethane/ethylene (17.5 wt.%), propane/propylene (29.5 wt.%), butane (8.5 wt.%), and iso-butane (20.0 wt.%).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОГО И ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ С ИЗМЕЛЬЧЁННЫМИ ОТХОДАМИ ШИН И ОТРАБОТАННЫМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ МАСЛАМИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Аннотация

В представленной работе исследованы процессы термического и термокаталитического превращения смеси вакуумного газойля с 10 мас.% крошки шин и 10 мас.% отработанного хлопкового масла при температуре 500 °C под воздействием ультразвуковой кавитации в присутствии катализатора Цеокар-600. Определение состава полученных газов показало, что они в основном представлены метаном (13,2 мас.%), этаном/этиленом (17,5 мас.%), пропаном/пропиленом (29,5 мас.%), бутаном (8,5 мас.%) и изобутаном (20,0 мас.%).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМИЧЕСКОГО И ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ С ИЗМЕЛЬЧЁННЫМИ ОТХОДАМИ ШИН И ОТРАБОТАННЫМИ РАСТИТЕЛЬНЫМИ МАСЛАМИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Məmmədova T.A., İmanova A.A., Əliyeva Z.M., Səmədov R.T., Əhməd S.K

Ключевые слова: *отходы шин, переработка резины.*

Аннотация

В представленной работе исследованы процессы термического и термокаталитического превращения смеси вакуумного газойля с 10 мас.% крошки шин и 10 мас.% отработанного хлопкового масла при температуре 500 °C под воздействием ультразвуковой кавитации в присутствии катализатора Цеокар-600. Определение состава полученных газов показало, что они в основном представлены метаном (13,2 мас.%), этаном/этиленом (17,5 мас.%), пропаном/пропиленом (29,5 мас.%), бутаном (8,5 мас.%) и изобутаном (20,0 мас.%).

Giriş

İşlənmiş şinlərin təkrar emalı həm tullantıların azalmasına, həm də yeni məhsulların istehsalı üçün xammal əldə edilməsinə imkan yaradır. Bu proses təbii resurslara qənaət edir və ekoloji tarazlığın qorunmasına kömək edir.

Şinlərin təkrar emalı bir neçə mərhələdən ibarətdir. İlk mərhələdə istifadə olunmuş şinlər toplanır və çeşidlənir. Bu mərhələdə şinlərin ölçüsünə və vəziyyətinə görə ayrılması

həyata keçirilir. Daha sonra şinlər xüsusi avadanlıqlar vasitəsilə kiçik hissələrə parçalanır. Parçalanma prosesindən sonra şinlərin tərkibində olan metal və digər materiallar ayrılır. Bu mərhələdə maqnit separatorları istifadə olunur. Metal hissələr ayrıldıqdan sonra rezin material müxtəlif ölçülü qranullar halına gətirilir. Əldə olunan rezin qranulları müxtəlif sahələrdə istifadə edilə bilər. Məsələn, yol tikintisində asfalt qarışıqlarına əlavə olunur, idman meydançalarının örtüyünün hazırlanmasında istifadə edilir və müxtəlif rezin məmulatların istehsalında tətbiq olunur.

İşlənmiş şinlərin təkrar emalı bir çox üstünlüklərə malikdir. İlk növbədə, bu proses ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını alır. Şin tullantıları açıq ərazilərdə yığıldıqda torpağın və suyun çirklənməsinə səbəb ola bilər. Təkrar emal isə bu problemin qarşısını alır.

Beləliklə yuxarıda sadalalanları nəzərə alaraq təqdim olunan işdə vakkum qazoylunun işlənmiş şin qırıntıları və tullantı bitki yağları ilə 10% -li qarışıqlarının ultrasəsli kavitasiya təsirində termiki və termokatalitik çevrilmə prosesləri tədqiq olunmuşdur. Cədvəl 1- də vakkum qazoylunun 10% küt. Şin qırıntıları və 10% küt. işlənmiş pambıq yağı ilə qarışığının 500 0C və Seokar -600 katalizatorunun iştirakında ultrasəs kavitasiya təsirində aparlan termokatalitik çevrilməsindən alınan qaz fraksiyasının tərkibi göstərilmişdir [1-3].

Əldə edilən qazların tərkibinin təyini göstərmişdir ki, onlar əsasən metan (13.2,% küt), etan/etilen (17.5% küt.) propan/propilen (29.5% küt.), butan (8,5 % küt), i-butan(20.0% küt), qazları ilə təmsil olunurlar.

Cədvəl 1.

Vakkum qazoylunun 10% küt. şin qırıntıları və 10% küt. işlənmiş pambıq yağı ilə qarışığının termokatalitik çevrilməsindən alınan qaz fraksiyasının tərkibi

Prosesində alınan qazların tərkibi, % küt	$\frac{Vak\ qaz + 10\%\ PY + 10\%\ ŞQ}{U/Səs}$
CH_4	13.2
Etan	6.1
Etilen	11.4
Propan	6.9
Propilen	22.6
Butan	8.5
i-butan	20.0
Digər qazlar	11.3

ƏDƏBİYYAT

1. Waham Ashaier Laftah, Wan Aizan Wan Abdul Rahman, //A comprehensive review of tire recycling technologies and applications// Materials Advances – 2025, vol. 6, N:15 ,səh. 4992–5010.
2. Yaghi A., Ali L., Altarawneh M. //Recent Advances on Thermochemical Recycling of End-of-Life Tires and Their Coblending with Waste Plastic Fractions.// ACS Omega- 2025, vol. 10, N:25, səh. 26233-26249.
3. Hashamfirooz M., Dehghani M.H., Khanizadeh M., Aghaei M., Bashardoost P., Hassanvand M.S.,// A systematic review of the environmental and health effects of waste tires recycling.// Heliyon- 2025, vol.11., N:2, e41909.

NORBORN-5-EN-2-KARBON TURŞUSU VƏ DİETİLENTRİAMİN ƏSASLI İMİDAZOLİNİN BROMİDLİ KOMPLEKSİNİN H_2S VƏ BİOKORROZİYA PROSESLƏRİNƏ TƏSİRİ

Məmmədbəyli E.H., Babayeva V.H., Əzizbəyli A.R., Məmmədova N.M., Mehdizadə Ü.S.
ARETN, Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
nuraybabayeva2008@gmail.com

Açar sözlər: *Norborn-5-en-2-karbon turşusu, dietilentriamin, imidazolin, korroziya, inhibitor.*

Keywords: *Norbornene carboxylic acid, diethylenetriamine, imidazoline, corrosion, inhibitor.*

Ключевые слова: *Норборн-5-ен-2-карбоновая кислота, диэтилентриамин, коррозия, ингибитор.*

Son dövrlərdə Dünyada geniş yayılmış problemlərdən biri də müxtəlif sənaye sahələrini əhatə edən korroziya proseslərdir. Neft və qaz sənayesində hidrogen sulfid (H_2S) ilə əlaqəli korroziya ən mühüm problemlərdən biridir. Neft və qazın çıxarılması, emalı və nəqli zamanı müşahidə edilən korroziya çox ciddi problemlərin meydana çıxmasına gətirib çıxarır. Yüksək qatılıqda H_2S və CO_2-nin, həmçinin yüksək miqdarda SRB-nin mövcud olduğu mühitlərdə neft-qaz sənayesində istifadə olunan qurğuları həm hidrogen-sulfid korroziyasından, həm də biokorroziyadan mühafizə edə bilən, yüksək effektivliyə və çoxfunksiyalı təsirə malik inhibitorların yaradılması mühüm əhəmiyyət kəsb edir [1-3]. Bu səbəbdən korroziya problemini həll etmək üçün elə çoxfunksiyalı sistem yaratmaq lazımdır ki, sadalanan hər üç korroziya problemini həll etməyə kömək etsin.

Məlumdur ki, neft neft quyularına müxtəlif mənşəli sular tətbiq etməklə əldə edilir ki, bu zaman həmin quyular müxtəlif mikroorqanizmlərlə yoluxur. Nəticədə mikrobioloji korroziyanın meydana gəlməsi üçün optimal şərait yaranır. Təsərrüfat sahələrində geniş yayılmış problemlərdən biri mikrobların substrat üzərində məskunlaşması nəticəsində törətdiyi fəsadlardır. Neftin çıxarılması, emalı və nəqli zamanı bu tip bakteriyalar cihaz və alətlərin səthinə yapışmaqla onları zədələyir və nəticə etibarı ilə mikrobioloji korroziya prosesi yaranır [4].

Korroziyadan qorunmaq məqsədilə yeni üsul və vasitələrin tətbiqi lazımdır. Bu üsullardan ən səmərəlisi sadə texnoloji üsulla alınan, aşağı qatılıqda yüksək effektiv müxtəlif növ və tərkibə malik inhibitorların yaradılmasıdır. Avadanlıqların korroziyadan qorunmasında istifadə edilən ən keyfiyyətli inhibitorlara tərkibində azot saxlayan birləşmələr (aminospirt, nitrobirləşmə, imidazolin, amidoamin, amid və s. birləşmələr) daxildir. Bu tip birləşmələr bakterisid və korroziya inhibitoru kimi istifadə edilə bilən kation tipli birləşmələrdir. Onların əsas göstəricisi bakteriyaların hüceyrə divarını həll etməklə onların məhvinə səbəb olmasıdır. Bu inhibitorlar metal sistemlərin daxilində qoruyucu təbəqə yaratmaqla oksidləşdirici maddələrin metalın səthinə yaxınlaşmasının qarşısını alır.

Məlumdur ki, mikrobioloji korroziya neft sənayesində digər korroziya növləri ilə müqayisədə daha çox müşahidə olunur və bu zaman ətraf mühitdə H_2S-in əmələ gəlməsinin əsas səbəkarı sulfatreduksiyaedici bakteriyalardır (SRB) [5].

Təqdim olunan işdə sintez edilmiş inhibitorun H_2S və biokarroziyaya qarşı sınaq

nəticələri təsvir olunmuşdur. NDİ+C_3H_5Br komplekinin H_2S korroziyasına qarşı mühafizə effekti yoxlanmış və nəticələr cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1.

Kompleksin müxtəlif qatılıqlarda H_2S korroziyasına təsirinin nəticələri.
Korroziya mühiti: su-kerosin (9:1) + 500 mq/l H_2S; temperatur 20°C.

Maddənin qatılığı C, mq/l	**Korroziya sürəti ρ, q/m²·saat**	**Mühafizə effekti Z, %**	**Ləngitmə əmsalı γ**
İnhibitorsuz mühitdə korroziya sürəti ρ=0.409 q/m²·saat			
100	0.205	50	2
150	0.103	75	4
200	0.052	87.2	7.9
250	0.026	94	15.7
300	0.013	97	31.5

Cədvəl 2-dən görünür ki, 100 mq/l qatılıqda kompleksin mühafizə effektivliyi 50% təşkil etmiş, qatılığın 150, 200, 250, 300 mq/l - ə qədər artırılması ilə mühafizə effekti müvafiq olaraq, 75; 87.2; 94 və 97%-ə qədər yüksəlmişdir. Kompleks üçün 100 mq/l qatılıqda korrozoyanın sürəti 0,205 q/m²·saat olduğu halda, 150 mq/l qatılıqda korroziya sürəti 0,103 q/m²·saat, 300 mq/l qatılıqda isə bu qiymət minimuma çatmışdır (0,013 q/m²·saat). Bu zaman ləngitmə əmsalının qiyməti maksimum həddə çatmış və (γ=31.5)-ə bərabər olmuşdur [6].

Alınmış kompleksin bakterisid-inhibitor xassələri də təyin olunmuş və bakterisid nəticələri cədvəl 2-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

Kompleksin bakterisid effektinin nəticələri.

Adı	**Maddənin qatılığı, C- mq/l**	**Bakteriyaların sayı (hüceyrə sayı/ml)**	**H_2S-in miqdarı mq/l**	**Bakterisid effekti, Z-%**
NDİ+C_3H_5Br	25	10^1	9.1	97.3
	50	-	-	100
	100	-	-	100
Nəzarət-I SRB-siz mühitdə H_2S-in miqdarı		24 mq/l		
Nəzarət-II SRB-li mühitdə H_2S-in miqdarı		342 mq/l		
Nəzarət-III- Qidalı mühitdə bakteriyaların sayı		10^8 hüceyrə sayı/ml		

Sınaq nəticələri onu göstərir ki, alınmış kompleks 25 mq/l qatılıqda 97.3%, 50 və 100 mq/l qatılıqda 100% bakterisid effekti göstərməklə bakteriyaları tamamilə məhv edir [7].

ƏDƏBİYYAT

1. Liu H.T, Huang L, Li T, Gu YL. Application and progress in bactericide of sulfate reducing bacteria//Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection.2009.Vol.29.No.2.pp. 154–160.

2. Аббасов В.М., Самедов А.М., Алиева Л.И. Ингибирующее и бактерицидное действие солей природных нафтеновых кислот при коррозии стали в морской воде. Физикохимия поверхности и защита материалов. 2008. № 4, Т. 44. с. 427-431.

3. Maayta, A. H., Al-Rawashdeh, N. A. F. Inibition of acidic corrosion of pure aluminum by

some organic compounds // Corrosion Science. 2004. pp. 1129-1140.
4. Aslam, R., Mobin M., Aslam J. Corrosion inhibitors for refinery industries. // Environmen-tally Sustainable Corrosion Inhibitors Fundamentals and Industrial Applications. 2022. pp. 385-404.
5. Abbasov V., Aghamaliyeva A., Ismailov T., Amirli F., Aghamaliyev Z., Alizade F., Musayeva K. Study of the bactericidal effect of dialkylamine complex salts of oleic acid on the vital activity of sulfate-reducing bacteria // PPOR. 2024. No 1. pp. 32-39.
6. Babayeva V.H., Məmmədbəyli E. H., Əhmədov F.İ., Tahirova F.F., Əsədova S.B. Norborn-5-en-2-karbon turşusu və dietilentriamin əsaslı imidazolinin bromidli kompleksinin H_2S korroziyasına qarşı inhibitor kimi tətbiqi. // NDU. Elmi əsərlər jurnalı. 2026. No. 1 (134). s. 233-239.
7. Mammadbayli E.H., Babayeva V.H., Aghamalıyeva D.B., Mammadova N.M. Study of bactericide-inhibitor properties against microbiological corrosion process of bromıde complex of imidazoline based on norbornene carboxylic acid and diethylenetriamine. // Chemical Problems Journal, Azərbaycan, 2025. 4 (23). s. 573-579.

NORBORN-5-EN-2-KARBON TURŞUSU VƏ DİETİLENTRİAMİN ƏSASLI İMİDAZOLİNİN BROMİDLİ KOMPLEKSİNİN H_2S VƏ BİOKORROZİYA PROSESLƏRİNƏ TƏSİRİ

Məmmədbəyli E.H., Babayeva V.H., Əzizbəyli A.R., Məmmədova N.M., Mehdizadə Ü.S.

Xülasə

Müxtəlif sənaye sahələrində rast gəlinən problemlərdən biri də korroziya proseslərıdir. Korroziya prosesləri ilə mübarizədə müxtəlif üsul və vasitələr var ki, bunlardan ən əlverişlisi korroziya inhibitorlarının tətbiq edilməsidir. Sintez edilmiş yeni tip inhibitor–NDİ+C_3H_5Br kompleksi korroziyanın 2 növünə qarşı inhibitor kimi sınaqdan keçirilmişdir. Kompleksin korroziyaya qarşı yüksək mühafizəetmə qabiliyyətinin olduğu müəyyən olunmuşdur. Sintez edilmiş kompleksin H_2S korroziyasına qarşı sınaq nəticələri belə olmuşdur: kompleks 300 mq/l-da 97% mühafizə effekti göstərmiş, bu qatılıqda korroziyanın sürəti 0,013 q/m^2·saat-a bərabər olmuş və ləngitmə əmsalının qiyməti isə γ=31.5 olmuşdur. Sintez edilmiş kompleks bakterisid-inhibitor kimi də sınaqdan keçirilmişdir. Sınaq nəticələrinə əsasən müəyyən olunmuşdur ki, alınmış kompleks 25 mq/l qatılıqda 97.3%, 50 mq/l qatılıqda 100%, 100 mq/l qatılıqda 100% bakterisid effekti göstərməklə bakteriyaları məhv edir.

ВЛИЯНИЕ БРОМИДНОГО КОМПЛЕКСА ИМИДАЗОЛИНА НА ОСНОВЕ НОРБОРН-5-ЕН-2-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ДИЭТИЛЕНТРИАМИНА НА ПРОЦЕССЫ КОРРОЗИИ H_2S И БИОКОРРОЗИИ

Мамедбейли Э., Бабаева В., Азизбейли А., Мамедова Н., Мехдизаде У.

Резюме

Одной из проблем, встречающихся в различных отраслях промышленности, являются коррозионные процессы. Существуют различные методы и средства борьбы с коррозионными процессами, наиболее удобным из которых является применение ингибиторов коррозии. Синтезированный новый тип ингибитора – комплекс NDI+C_3H_5Br – был протестирован в качестве ингибитора двух типов коррозии. Было установлено, что комплекс обладает высокой коррозионной защитой. Результаты испытаний синтезированного комплекса на коррозию H_2S были следующими: комплекс

показал 97% защитный эффект при концентрации 300 мг/л, скорость коррозии при этой концентрации составила 0,013 г/м2•ч, а значение коэффициента замедления γ = 31,5. Синтезированный комплекс также был протестирован в качестве бактерицидного ингибитора. На основании результатов испытаний было установлено, что полученный комплекс уничтожает бактерии, проявляя бактерицидный эффект 97,3% при концентрации 25 мг/л, 100% при концентрации 50 мг/л и 100% при концентрации 100 мг/л.

EFFECT OF BROMIDE COMPLEX OF IMIDAZOLINE BASED ON NORBORNE-5-ENE-2-CARBOXYLIC ACID AND DIETHYLENETRIAMINE ON H_2S CORROSION AND BIOCORROSION

Mammadbayli E., Babayeva V., Azizbeyli A.,Mammadova N., Mehdizade U.

Summary

Corrosion is a problem encountered in various industries. Various methods and means for combating corrosion exist, the most convenient of which is the use of corrosion inhibitors. A newly synthesized inhibitor, the NDI+C_3H_5Br complex, was tested as an inhibitor of two types of corrosion. The complex was found to exhibit high corrosion protection. The results of testing the synthesized complex for H_2S corrosion were as follows: the complex demonstrated a 97% protective effect at a concentration of 300 mg/L, the corrosion rate at this concentration was 0.013 g/m2•h, and the retardation coefficient γ = 31.5. The synthesized complex was also tested as a bactericidal inhibitor. Based on the test results, it was established that the obtained complex destroys bacteria, demonstrating a bactericidal effect of 97.3% at a concentration of 25 mg/L, 100% at a concentration of 50 mg/L, and 100% at a concentration of 100 mg/L.

3-METİL-1-N,N-DİPENTİLAMİNOMETOKSİTSİKLOHEKSAN YAĞLARA VƏ YANACAQLARA ANTİMİKROB ƏLAVƏ KİMİ

Məmmədbəyli E.H., İsmayılova S.V., Hacıyeva G.Ə., Məmmədova N.M., Qəhrəmanova K.R., Əfəndiyeva K.M

Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu, [2]Kimya İnstitutu, [3]ARDNŞ Neft-qaz Elmi-Tədqiqat Layihə İnstitutu,

ismayilova_s_ch@mail.ru

Açar sözlər*: 3-metiltsikloheksanol, dipentilamin, CuCl, Mannix reaksiyası, antimikrob əlavə.*

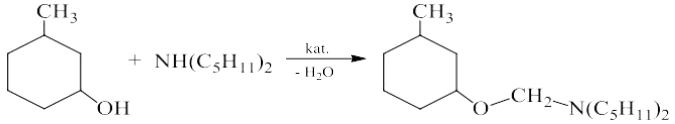
Keywords: *3-methylcyclohexanol, dipentylamine, CuCl, Mannich reaction, antimicrobial additive.*

Ключевые слова: *3-метилциклогексанол, дипентиламин, CuCl, Реакция Манниха, антимикробные добавки*.

Mikroorqanizmlərin təsiri nəticəsində yağ və yanacaqlar istismar zamanı oksidləşməyə məruz qalırlar. Bakteriyalar və göbələklər yalnız yanacaqların və yağların keyfiyyətini pisləşdirmir, həm də yağ və yanacaq sistemi mühərriklərin korroziyasına səbəb olur. Bu məhsulları zərərdən qorumağın ən effektli yolu kimyəvi üsuldur, bu zaman yağ və yanacaqların tərkibinə bakterisid və funqisid aşqarlar daxil edilir[1]. Mikrobioloji korroziya

prosesinin həllində və aradan qaldırılmasında əsasən heteroatomlu birləşmələrdən istifadə edilir. Yüksək təsirə malik dərman preparatların, yağlara, yanacaqlara antimikrob və antioksidant təsirli aşqarların, kənd təssərrüfatında istifadə olunan üzvi birləşmələrin, inhibitor-bakterisidlərin bir çoxu tərkibində azot və bəzi funksional qruplar saxlayan birləşmələrdir. Mannix reaksiyası bu cür birləşmələrin alınmasında vacib və perspektivli metodlardan biridir. Bioloji aktiv xassəli tsikloheksan fraqmentinə malik Mannix əsaslarının sintezi və bioloji xassələrinin öyrənilməsi nəzəri və praktiki cəhətdən çox aktualdır[2, 3].

Təqdim olunan iş 3-metiltsikloheksanolun, formaldehidin və dipentilamin arasında gedən Mannix reaksiyası əsasında sintez olunmuş 3-metil-1-N,N-dipentilaminometoksi-tsikloheksanın sintezinə, yağ və yanacaqlara antimikrob əlavə kimi xassələrinin öyrənilməsinə həsr olunmuşdur. Reaksiya 78–80ºC temperaturda 4–5 saat ərzində benzol mühitində ilkin maddələrin bərabər mol nisbətində, katalizator CuCl iştirakında aparılır. Birləşmənin çıxımı 89% təşkil edir.

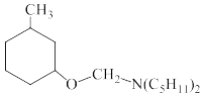


Alınan maddə şəffaf, spesifik qoxulu mayedir, suda həll olmur, ancaq üzvi həll-edicilərdə (etanol, aseton, benzol, CCl_4 və b.) yaxşı həll olur. Sintez olunmuş maddənin quruluş və tərkibi element analizi, İQ, ^1H və ^{13}C NMR spektroskopiya üsulları ilə təsdiq edilmişdir.

3-Metil-1-N,N-dipentilaminometoksitsikloheksanın antimikrob əlavə kimi xassələri öyrənilmişdir. Sınaqlar 0.25, 0.5 və 1% qatılıqda T-22 yağı və Aİ-95 yanacağında aparılmışdır. Test kultur kimi bu laborator ştamlarından istifadə olunmuşdur: bakteriyalar – *Pseudomonas aeruginosa, Mycobakterium phlei;* göbələklər – *Aspergillus niger, Cladosporium resinae, Penicillium chrysogenum.* Tədqiq olunan birləşmənin antimikrob xassələri zonal diffuziya üsulu ilə təyin olunmuşdur. Sınaqlar üçün neft məhsullarında geniş yayılmış və onları aqressiv zədələyən mikroorqanizmlərin təmiz kulturlarından istifadə edilmişdir. Bakteriyaların becərilməsi üçün ətli-peptonlu aqar (ƏPA), göbələklər üçün isə səməni suyu aqarı (SA) mühiti seçilmişdir. Etalon kimi natriumpentaxlorfenolyatdan istifadə olunmuşdur. Tədqiq olunan nümunələrin mikroorqanizmlərə qarşı aşqar kimi effektliliyi onların mikroorqanizmlərin məhv etmə zonasının diametrinə əsasən qiymətləndirilir: məhv olma zonasının diametri nə qədər böyük olarsa, bu birləşmənin antimikrobaktivliyi bir o qədər yüksək hesab olunur.

Cədvəl 1.

3-Metil-1-N,N-dipentilaminometoksitsikloheksanın antimikrob xassələri

Birləşmənin quruluş formulu	Biosidin qatılığı, %	Mikroorqanizmlərin məhv olma zonası, sm			
		T-22 yağı		Yanacaq (Benzin-95)	
		Bakteriya	Göbələk	Bakteriya	Göbələk
		(*Pseudomonas aeruginosa, Mycobacterium phlei*)	(*Aspergillus niger, Penicillium chrysoenum*)	(*Pseudomonas aeruginosa, Mycobacterium phlei*)	(*Cladosporium resinae*)
	1,0	2.4–2.6	2.0–2.2	–	–
	0,5	1.8–2.0	1.4–1.6	2.8–2.9	2.7–2.9

	0.25	+++	+++	+++	+++
Etalon (Natrium pentaxlorfenolyat	1.0	1.34	1.3–1.4	1.4–1.5	1.4–1.5
	0.5	0.7–1.0	0.7–1.0	0.8–1.1	0.8–1.1
Kontrol		+++	+++	+++	+++

Qeyd: (+++) – mikroorqanizmlərin inkişafı, (–) – sınaqdan keçirilməmişdir.

Cədvəldən göründüyü kimi, T-22 yağında sintez olunmuş birləşmə 1% qatılıqda uyğun olaraq 2.4–2.6 sm bakterisid, 2.0–2.2 sm funqisid təsir göstərmişdir. A-95 yanacağında isə sintez olunmuş birləşmə 0.5% qatılıqda müvafiq olaraq 2.8–2.9 sm bakterisid, həmçinin 2,7–2.9 sm funqisid təsir göstərmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Мамедбейли Э.Г., Исмайылова С.В., Гаджиева Г.Э., Джафарова Н.А., Сулейманова Э.И. ЖОрХ, 2022, т. 58, № 10, с. 1088–1095.

2. Мамедбейли Э.Г., Исмайылова С.В., Гаджиева Г.Э., Маммадова Н.М., Эфендиева К.М., Гасанова К.Ф. V Научная конференция «Динамические процессы в химии элементо-органических соединений», посвященная 70-летию академика О.Г. Синяшина (Казань), 24–27 февраля 2026, с. 151.

3. Patent AZ İ 2022 0076.

PROPERTIES OF METHYL-1-N,N DIPENTYLAMINOMETHOXYCYCLOHEXANE AS AN ANTIMICROBIAL ADDITIVE

Mamedbeyli[1] E.H., Ismayilova[1] S.V., Hajiyeva[1] G.E., Mammadova[1] N.M., Gahramanova[2] K.R., Efendiyeva[1] K.M.

Summar

Methyl-1-N,N-dipentylaminomethoxycyclohexane was synthesized based on the three-component Mannich reaction. The sturcture of obtained compouds are confirmed by methods İR, ^{1}H and ^{13}C NMR, spectroscopy. The effect of the resulting compound as an antimicrobial additive to oils and fuels was studied.

СВОЙСТВА МЕТИЛ-1-N,N-ДИПЕНТИЛАМИНОМЕТОКСИКЛОГЕКСАНА КАК АНТИМИКРОБНЫЕ ДОБАВКИ

Мамедбейли[1] Э.Х., Исмайылова[1] С.В., Гаджиева[3] Г.Э., Маммадова[1] Н.М., Гахраманова[2] К.Р., Эфендиева[1] К.М.

Абстракт

Метил-1-N,N-дибутиламинометоксициклогексан синтезирован на основе трехкомпонентной реакции Манниха. Строение полученных соединений подтверждено методами ИК, ЯМР ^{1}H и ^{13}C, спектроскопии. Изучено влияние полученного соединения в качестве антимикробной присадки к маслам и топливам.

EKOLOJİ DİZEL YANACAĞININ ALINMASINDA MÜXTƏLİF KATALİZATOR VƏ ULTRASƏSLİ DALĞALARININ TƏTQİQİ

Köçərli Z.Q., Məmmədova T.A.

ARETN, akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu

zumrud.kocherli@mail.ru

Açar sözlər: *Dizel yanacağı, oksidləşdirici kükürdsüzləşdirmə, hidrogen peroksid, katalizator.*

Keywords: *Diesel fuel, oxidative desulfurization, hydrogen peroxide, catalyst.*

Son illərdə nəqliyyat və sənaye sektorunda texnikaların sayının artması ilə yanaşı dizel yanacağına olan tələbat da xeyli artmışdır. Yüksək enerji səmərəliliyi və qənaətliliyi ilə seçilən dizel mühərrikləri iqtisadi baxımdan üstün olsa da, onların istifadəsi ekoloji problemlər yaradır. Dizel yanacağının tərkibindəki kükürdlü və polisiklik aromatik birləşmələr yanma zamanı zərərli qazlara çevrilərək havanın çirklənməsinə, turşu yağışlarının yaranmasına və insan sağlamlığına mənfi təsir göstərir. AVRO-4 və AVRO-5 standartlarına görə dizel yanacağında kükürdün miqdarı 10 ppm-dən çox olmamalıdır. Bu göstəricilərə əsasən ənənəvi olaraq hidrotəmizləmə prosesi tətbiq edilir. Lakin bu üsul yüksək temperatur, təzyiq və bahalı katalizatorlar tələb etdiyindən alternativ texnologiya kimi oksidləşdirici kükürdsüzləşdirmə diqqət mərkəzinə çıxmışdır. Oksidləşdirici kükürdsüzləşdirmə prosesi aşağı temperatur və təzyiqdə aparıldığı üçün daha sadə və qənaətcil hesab olunur. Prosesin səmərəliliyini artırmaq məqsədilə ultrasəsli kavitasiya tətbiq edilmişdir [1-3].

Dizel fraksiyasının oksidləşdirici kükürdsüzləşdirmə prosesində adi şəraitdə və ultrasəsli kavitasiya təsirində 50%-li hidrogen peroksid və sirkə turşusundan katlizator kimi istifadə etməklə kükürdsüzləşdirmə dərəcəsi.

	Qarışıq	**İlkin dizel fraksiyasında kükür-dün miqdarı %, küt**	**Təcrübədən sonra kükürdün miqdarı %, küt**	**Kükürdsüzləşmə dərəcəsi %**
1	10% katalizator CH_2O_2/ H_2O_2 Dizel fraksiyası adi şəraitdə	0,0332	0,0251	24
2	10% katalizator CH_2O_2 / H_2O_2 Dizel fraksiyası ultrasəsli kavitasiya təsirində	0,0332	0,0115	65

Tədqiqatlar göstərmişdir ki, oksidləşdirici kükürdsüzləşdirmə prosesi tərkibində kükürdün miqdarı 0,0332% olan dizel yanacağının 50%- li hidrogen peroksid və qarışqa turşusundan katalizator kimi istifadə etməklə adi şəraitdə oksidləşdirici kükürdsüzləşmə prosesində kükürdsüzləşmə dərəcəsi 24%, ultrasəsli kavitasiya təsirində isə 65% təşkil edir.

Beləliklə, ultrasəsli kavitasiya kükürdsüzləşmə dərəcəsini təxminən 2,7 dəfə artıraraq ekoloji cəhətdən təmiz dizel yanacağının alınmasında perspektiv texnologiya kimi dəyərləndirilir.

ƏDƏBİYYAT

1. Mammadkhanova, S.A., Mammadova, T.A., Abdullayev E.Sh. Hasanova, A.R., Teyyubov Kh.Sh., Kocharli Z.Q., Abbasov V.M. Use of the modified natural nanotubes in the production process of the "green diesel" fuels İnternatıonal Conference «Renewable Plant Resources: Chemistry, Technology, Medicine»., Saınt Petersburg, Russia, 18-22 September, 2017, p.130-131.

2. Мамедова Т.А. Исследование и разработка процессов получения экологически безопасных моторных топлив и добавок к ним на основе органических кислот нефтяного и растительного происхождения. Баку-2013 диссертация на соискании уч. ст. техн. наук. с (67-69).
3. Rakhmanov E.V., Tarakanova A.V., Valieva T., Akopyan A.V., Litvinova V.V., Maksimov A.L., Anisimov A.V., Vakarin A.V., Semerikova O.L., Zaikov Yu.P. Oxidative desulfurization of diesel fraction by hydrogen peroxide in the presence of transition metal-based catalysts. Petroleum Chemistry, 2014, *1(54)*, 49-52.

EKOLOJİ DİZEL YANACAĞININ ALINMASINDA MÜXTƏLİF KATALİZATOR VƏ ULTRASƏSLİ DALĞALARININ TƏTQİQİ

Köçərli Z.Q., Məmmədova T.A.

Xülasə

Tətqiqatda dizel yanacağının oksidləşdirici kükürdsüzləşmə prosesində 50%-li hidrogen peroksiddən, katalizator kimi sirkə turşusundan istifadə olunmuşdur. Proses 80^0 C temperatur və 6 saat ərzində ənənəvi şəraitdə və ultrasəsli kavitasiya təsirində aparılmışdır.

Nəticələr göstərir ki, ultrasəs dalğaların təsiri ilə hidrogen peroksiddən, katalizator kimi sirkə turşusundan istifadə etməklə oksidləşdirici kükürdsüzləşmə prosesində alınan yanacağın keyfiyyət göstəriciləri daha məqsədə uyğundur. Belə ki, alınmış dizel fraksiyasının kükürd-süzləşdirmə dərəcəsi 65% təşkil edir və adi şəraitdə aparılan prosesi ilə müqayisədə 2,7 dəfə artır.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ПОЛУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Кочарли З.Г., Маммадова Т. А.

Резюме

В исследовании в процессе окислительного обессеривания дизельного топлива использовалась 50%-ная перекись водорода, а в качестве катализатора — уксусная кислота. Процесс проводился при температуре 80°C в течение 6 часов как в традиционных условиях, так и под воздействием ультразвуковой кавитации.

Результаты показывают, что под воздействием в ультразвуковых волн при использовании перекиси водорода и уксусной кислоты качестве катализатора показатели качества топлива, полученного в процессе окислительного обессеривания, являются более оптимальными. Таким образом, степень десульфуризации полученной дизельной фракции составляет 65 % и увеличивается в 2,7 раза по сравнению с процессом, проводимым в нормальных условиях.

STUDY OF VARIOUS CATALYSTS AND ULTRASONIC WAVES IN THE PRODUCTION OF ECO-FRIENDLY DIESEL FUEL

Kocharli Z.G., Mammadova T.A.

Summary

In this study, 50% hydrogen peroxide was used in the oxidative desulfurization of diesel fuel, with acetic acid as a catalyst. The process was carried out at a temperature of 80°C for 6 hours under both conventional conditions and ultrasonic cavitation. The results show that ultrasonic waves, using hydrogen peroxide and acetic acid as catalysts, improve the quality of fuel obtained through oxidative desulfurization Thus, the degree of desulfurization

of the obtained diesel fraction is 65% and increases by 2.7 times compared to the process carried out under normal conditions.

STUDY OF CATALYTIC PROPERTIES OF Ni (Fe)/γ-Al_2O_3 SYSTEMS ON THE PROCESS OF DRY REFORMING OF METHANE TO SYNTHESIS GAS

Karimova-Japharova U.N., Taghiyeva S.F.
Academician Y.H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes
ujapharova@gmail.com

Keywords: *Methane, convertion, sythesis gas, dry reforming, catalyst, nickel, iron.*

In recent years, the dry reforming of methane has garnered significant research interest due to its ability to convert two major greenhouse gases—CO_2 and CH_4—into synthesis gas (a mixture of CO and H_2). Among various catalysts, nickel-based systems are widely employed in dry reforming of methane owing to their low cost and favorable catalytic performance [1]. Since coke formation issues are of great importance for many gas and petrochemical processes, reducing coke formation in the process of methane conversion with carbon dioxide is very important. Numerous studies and publications have been devoted to the problem of synthesis gas in recent years. Synthesis gas can be used (in various ratios with:H_2) in numerous syntheses [2]. It can be obtained from any carbon-containing raw material, and it is considered a real alternative to oil.

In the reaction of dry reforming of methane, we studied the catalytic activity of individual nickel and iron oxides (reduced and not reduced by hydrogen) in a composition with γ-Al_2O_3. The catalysts for the process were prepared by the wet mixing method based on nickel and iron oxides using γ-Al_2O_3 as a support. The catalysts were prepared according to a previously developed technique when vacuuming the initial samples during calcination. Carrying out the calcination of the prepared samples under reduced pressure conditions allows us to obtain systems with a high specific surface area of up to 120 m^2/g and a narrow distribution of pore radii. 80% of the pores in the catalyst are pores with radii of 6-10 nm [3,4]. Researchs on the catalytic performance of iron, nickel and iron-nickel based catalysts in the reaction of dry reforming of methane to synthesis gas has been carried out within the joint work of the Institute of Petrochemical Processes and the Rostock University, Leibnis Institute of Catalysis (Rostock,Germany).

The catalytic activity of the syntezed compositions in the reaction of dry reforming of methane into synthesis gas was studied in an isothermal quartz flow reactor [5] in the following condition: P =1 atm.; T = 800^0C; ratio CO_2:CH_4-1:1.4; flow rate CH_4+Ar+CO_2–472 ml/min; the weight of the catalyst is 50 mg. In the gas mixture CO_2:CH_4 The methane was 99.9% pure and did not contain any sulfur impurities. The oxygen content of the carbon dioxide did not exceed 0.2%. It was established that, Fe/γ-Al_2O_3 composition is inactive in the CO_2 reforming reaction, both in the initial state and with previously reduced hydrogen. The conversion of both methane and carbon dioxide is very low, and hydrogen is practically not desorbed into the gas phase. The conversion of carbon dioxide is significantly higher than that of methane. The same disadvantages were found to be inherent in the iron-nickel catalyst. However, the nickel catalyst is able to provide methane conversion close to 100%, very high

stability. The Ni/γ-Al_2O_3 catalyst proposed by us is potentially very promising as a new catalytic system for the process of carbon dioxide conversion of methane into synthesis gas. Its main advantages: high conversion of methane and carbon dioxide, ratio of CO:H_2 =1:1, necessary for the synthesis of dimethyl ether, the almost complete absence of by-products (C_2 + hydrocarbons), a low degree of coking and a long cycle of operation with short contact times. Their quantitative elemental composition does not undergo significant changes during long-term operation, they have good mechanical stability and are easily regenerated.

REFERENCES

1. K. Aasberg-Petersen, T. S. Christensen, I. Dybkjær, J. Sehested, M. Østberg, R. M. Coertzen, M. J. Keyser, A.P.Steynberg, "Synthesis Gas Production for FT Synthesis" in Fischer-Tropsch Technology, A. P. Steynberg, M. E. Dry, Eds., Elsevier, Amsterdam 2004, p. 152.

2. Zhoufeng Bian, Sonali Das, Ming Hui Wai, Plaifa Hongmanorom, Sibudjing Kawi. A Review on Bimetallic Nickel-Based Catalysts for CO_2 Reforming of Methane/ ChemPhysChemVolume 18, Issue 22: CO_2 Utilisation, Nov 2017, Pp.3084-3285

3. Patent of Azerbaijan Respublic P 990075

4. Patent of Azerbaijan Respublic İ 2009 0179

5. Berger-Karin C., Steinfeldt N., Kondratenko E. V. et all. Tailored noble metal nanoparticles on γ-Al_2O_3 for high temperature CH_4 conversion to syngas// ChemCatChem Communications, 2012, No.4, 1368–1375

METANIN CO_2 İLƏ REFORMİNQİ PROSESİNDƏ Ni(Fe)/γ-Al_2O_3 SİSTEMLƏRİN KATALİTİK XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

Kərimova-Cəfərova Ü.N., Tağıyeva Ş. F.

Xülasə

İşdə metanın CO_2 ilə konversiyası prosesində Ni(Fe)/γ-Al_2O_3 əsaslı katalizatorların təsiri tədqiq edilmişdir. Nikel və dəmir oksidləri əsasında γ-Al_2O_3 daşıyıcısı üzərində katalizatorlar hazırlanmış və onların katalitik aktivliyi müqayisə edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, Fe/γ-Al_2O_3 katalizatoru praktiki olaraq qeyri-aktivdir, Fe–Ni sistemləri isə aşağı effektivlik göstərir. Ən yüksək aktivlik və satabillik Ni/γ-Al_2O_3 katalizatorunda müşahidə olunmuşdur. Bu katalizatorun iştirakında metanın çevrilməsi demək olar ki, 100%-ə çatır. Katalizator sintez-qazın (CO və H_2) optimal nisbətdə alınmasını təmin edir, aşağı kokslaşma dərəcəsi və uzunmüddətli istismar sabitliyi ilə seçilir.

ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ Ni(Fe)/γ-Al_2O_3 СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ УГЛЕКИСЛОТНОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ

Керимова-Джафарова У. Н., Тагиева Ш.Ф.,

Xülasə

В работе исследовано влияние катализаторов Ni(Fe)/γ-Al_2O_3 на процесс сухого риформинга метана диоксидом углерода. Катализаторы на основе оксидов никеля и железа были синтезированы на носителе γ-Al_2O_3 и изучена их каталитическая активность. Установлено, что катализатор Fe/γ-Al_2O_3 практически не проявляет активности, а системы Fe–Ni характеризуются низкой эффективностью. Наиболее высокая активность и стабильность наблюдается для катализатора Ni/γ-Al_2O_3, обеспечивающего

почти полную конверсию метана. Данный катализатор обеспечивает получение синтез-газа (CO и H_2) с оптимальным соотношением, отличается низкой склонностью к закоксовыванию и высокой стабильностью при длительной эксплуатации.

STUDY OF CATALYTIC PROPERTIES OF Ni (Fe)/γ-Al_2O_3 SYSTEMS ON THE PROCESS OF DRY REFORMING OF METHANE TO SYNTHESIS GAS

Karimova-Japharova U.N., Taghiyeva Sh. F.

Abstract

This study investigates the effect of Ni(Fe)/γ-Al_2O_3 catalysts on the dry reforming of methane with carbon dioxide. Catalysts based on nickel and iron oxides supported on γ-Al_2O_3 were prepared and their catalytic performance was evaluated. It was found that the Fe/γ-Al_2O_3 catalyst is practically inactive, while Fe–Ni systems show low efficiency. The Ni/γ-Al_2O_3 catalyst demonstrated the highest activity and stability, achieving nearly complete methane conversion. This catalyst ensures the production of synthesis gas (CO and H_2) with an optimal ratio, exhibits low coke formation, and maintains high stability during long-term operation.

ETİLENDİAMİNTETRASİRKƏ TURŞUSUNUN PROPİLAMİDLƏRİNİN MONO-, Dİ-, TRİ- KALİUM DUZLARININ KORROZİYA VƏ DUZÇÖKMƏYƏ QARŞI İNHİBİTORLUQ XASSƏLƏRİ

İsmayılov T.A., Fərhadova R.M., İsmayılov İ.T., İsmailova X.R.
ARETN, akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
rehime.ferhadova@mail.ru

Açar sözlər: *Etilendiamintetrasirkə turşusu (EDTST), korroziya, duzçökmə inhibitoru.*

Müasir dövrdə sənaye sahələrinin inkişafı ilə əlaqədar olaraq metal avadanlıqların korroziyaya uğraması və müxtəlif duzların çökməsi ciddi texniki və iqtisadi problemlər yaradır. Xüsusilə neft-kimya sənayesində istifadə olunan texnoloji sistemlərdə korroziya prosesləri avadanlıqların istismar müddətinin azalmasına, enerji və material itkilərinə səbəb olur. Buna görə də korroziya və duçökmə proseslərinin qarşısını alan effektiv inhibitorların hazırlanması və tətbiqi aktual məsələlərdən biridir[1].

Son illərdə ekoloji cəhətdən təhlükəsiz, bioloji parçalanan və yüksək effektivliyə malik inhibitorların sintezinə xüsusi diqqət yetirilir[2].

Etilendiamintetrasirkə turşusunun (EDTST) və onun törəmələri kompleksəmələ-gətirmə qabiliyyətinə malik olduqları üçün müxtəlif texnoloji mühitlərdə metal ionları ilə qarşılıqlı təsirə girərək qoruyucu xüsusiyyətləri göstərir. Bu birləşmələrin müxtəlif amid və duz törəmələrinin sintezi onların korroziyaya və duzçökməyə qarşı inhibitor kimi istifadə imkanlarını genişləndirir [3]. Bu işdə EDTST əsasında mono-, di- və tripropilamid törəmələrini və onların K^+ duzlarını sintez etmək, sintez edilmiş birləşmələrin korroziya və duzçökməyə qarşı effektiv-liklərini öyrənilmişdir[4].

EDTST-nun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzları sintez olunmuş, onların 10%-li məhlulları hazırlanaraq əsas fiziki-kimyəvi göstəriciləri təyin edilmiş və quruluşları İQ spektroskopik üsulla təsdiq edilmişdir. EDTST-nun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium

duzlarının korroziya və duzçökməyə qarşı effektivliklərini öyrənmək üçün aparılmış təcrübələrin nəticələri cədvəldə verilmişdir.

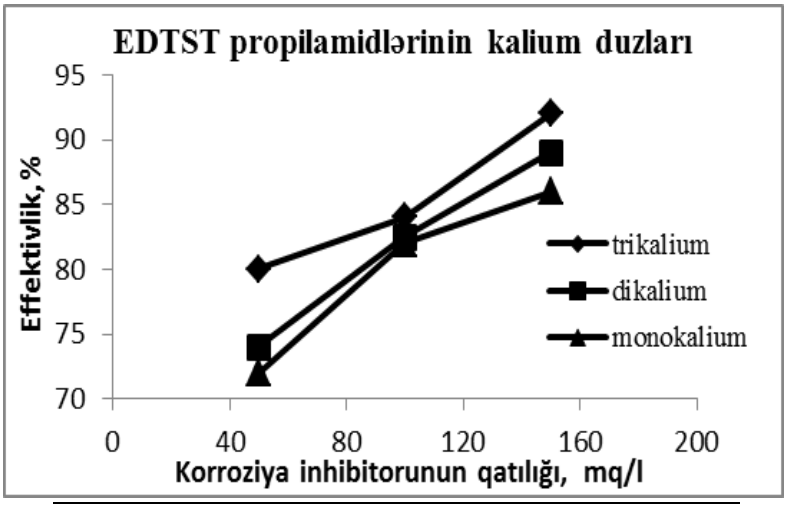
Cədvəldən göründüyü kimi EDTST-nun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzlarının 50, 100 və 150 mq/l qatılıqlarda korroziyadan mühafizə qabiliyyətləri 70%-dən çox olmuş, duzun 150 mq/l miqdarda mühitə əlavə olunması ilə ən yüksək nəticəni etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin trikalium duzu – 92%, ən zəif nəticəni isə etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin monokalium duzu – 72% göstərmişdir. Onların duzçökməyə qarşı aktivlikləri 75%-dən çox olmuş, duzun 150 mq/l miqdarda mühitə əlavə olunması ilə ən yüksək nəticəni etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin trikalium duzu – 90%, ən zəif nəticəni isə etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin monokalium duzu – 76% göstərmişdir.

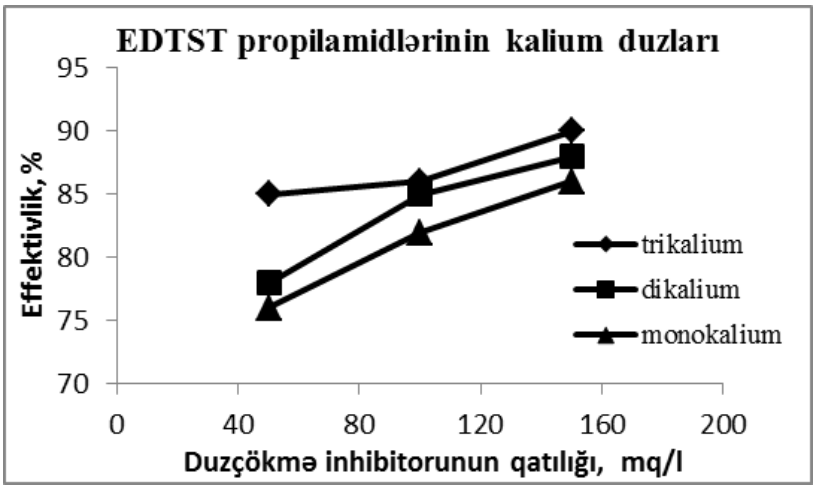
Cədvəl 1.

Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzlarının korroziya və duzçökməyə qarşı inhibitorluq xassələri.

Duz	Duzun qatılığı, mq/l	Effektivliyi, %	
		Korroziyaya qarşı	Duzçökməyə qarşı
Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin trikalium duzu	50	80.0	85
	100	84.0	86
	150	92.0	90
Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin dikalium duzu	50	74.0	78
	100	82.5	85
	150	89.0	88
Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidinin monokalium duzu	50	72.0	76
	100	82.0	82
	150	86.0	86

Əldə olunan nəticələr deməyə icazə verir ki, EDTST-nun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzlarının korroziya və duzçökməyə qarşı effektivlikləri kifayət qədər yüksəkdir. Belə ki, korroziya və duzçökməyə qarşı duzların 50, 100 və 150 mq/l qatılıqlarda aktivlikləri müvafiq olaraq 70% və 75% dən yuxarı olmuşdur.





Şəkil 1. Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzlarının

korroziya və duzçökməyə qarşı inhibitorluq xassələrinin qatılıqdan asılılığı

Qeyd edilməlidir ki, EDTST-nun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzlarının 100 və 150 mq/l qatılıqlarda istifadəsi zamanı həm korroziyadan mühafizədə həm də duzçökməyə qarşı aktivlikdə göstəriciləri daha yüksək olmuş, şəkildə verilən qrafik təsvirlərdən də göründüyü kimi qatılıq artdıqca effektivliyin artması müşahidə olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Li J., Tang M., Ye Z., Chen L., Zhou Y., Scale formation and control in oil and gas fields: A review. Journal of Dispersion Science and Technology, 2017, Vol. 38, pp. 661-670

2. Puchina G.R., Ragulin V.V., Telin A.G., Alimbekova S.R., Bakhtizin R.N., Voloshin A.I., Dokichev V.A. Modern practice of salt deposition preventing and removing. Oil and Gas business, 2020, Vol. 18, No. 2, pp. 72-80

3. Ismailov, T. A., Farhadova, R. M., Ismailov, I. T., Salmanova, Ch. K., Alizade, R. A., Ismailova, Kh. R., Musayeva, N. M. & Aslanova, S. I. (2025). Study of the Na^+ and K^+ salts of ethanolamides of ethlenediaminetetraacetic acid as corrosion and salt precipitation inhibitors. Processes of Petrochemistry and Oil-refining, 26(3), pp. 917-932.

4. Ismayilov T.A., Abbasov V.M., Ismayilov I.T., Fərhadova R.M., Manafov E.A., Salmanova Ch.K., Effectiveness of propylamide derivatives of ethylenediaminetetraacetic acid against corrosion and salt deposition problems, Socar proceedings No4(2025), pp.158-166

ETİLENDİAMİNTETRASİRKƏ TURŞUSUNUN PROPİLAMİDLƏRİNİN MONO-, Dİ-, TRİ- KALİUM DUZLARININ KORROZİYA VƏ DUZÇÖKMƏYƏ QARŞI İNHİBİTORLUQ XASSƏLƏRİ

İsmayılov T.A., Fərhadova R.M., İsmayılov İ.T., İsmailova X.R.

Xülasə

Etilendiamintetrasirkə turşusunun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium duzları sintez olunmuş, onların 10%-li məhlulları hazırlanaraq əsas fiziki-kimyəvi göstəriciləri təyin edilmiş və quruluşları İQ spektroskopik üsulla təsdiq edilmişdir. Sintez olunmuş duzların korroziya və duzçökməyə qarşı effektivliklərini öyrənmək üçün təcrübələr aparılmışdır. Əldə olunan nəticələr deməyə icazə verir ki, EDTST-nun propilamidlərinin mono-, di-, tri- kalium

duzlarının korroziya və duzçökməyə qarşı effektivlikləri kifayət qədər yüksəkdir. Belə ki, korroziya və duzçökməyə qarşı duzların 50, 100 və 150 mq/l qatılıqlarda aktivlikləri müvafiq olaraq 70% və 75% dən yuxarı olmuşdur.

CORROSION AND SCALING INHIBITORY PROPERTIES OF MONO-, DI-, TRI- POTASSIUM SALTS OF ETHYLENEDIAMINATETRAACETIC ACID PROPYLAMIDES

Ismayilov T.A., Farhadova R.M., Ismayilov I.T., Ismayilova X.R.

Abstract

Mono-, di-, tri-potassium salts of propylamides of ethylenediaminetetraacetic acid were synthesized, their 10% solutions were prepared, their main physico-chemical parameters were determined, and their structures were confirmed by IR spectroscopic method. Experiments were conducted to study the effectiveness of synthesized salts against corrosion and salt precipitation. The obtained results allow us to say that the effectiveness of mono-, di-, tri-potassium salts of propylamides of EDTA against corrosion and salt precipitation is quite high. Thus, the activities of salts against corrosion and salt precipitation at concentrations of 50, 100 and 150 mg/l were higher than 70% and 75%, respectively.

КОРРОЗИОННЫЕ И ИНГИБИРУЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЕ НАКИПИ СВОЙСТВА МОНО-, ДИ- И ТРИКАЛИЕВЫХ СОЛЕЙ ЭТИЛЕНДИАМИНАТОВ ПРОПИЛАМИДОВ ТРИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Исмаилов Т.А., Фархадова Р.М., Исмаилов И.Т., Исмаилова Х.Р.

Резюме

Синтезированы моно-, ди- и трикалиевые соли пропиламидов этилендиаминтетрауксусной кислоты, приготовлены их 10%-ные растворы, определены основные физико-химические параметры и подтверждено строение методом ИК-спектроскопии. Проведены эксперименты по изучению эффективности синтезированных солей против коррозии и выпадения солей. Полученные результаты позволяют говорить о том, что эффективность моно-, ди-, трикалиевых солей пропиламидов ЭДЦТ против коррозии и выпадения солей достаточно высока. Так, активность солей против коррозии и выпадения солей в концентрациях 50, 100 и 150 мг/л превышала 70% и 75% соответственно.

C_1–C_4 QAZ QARIŞIĞININ HİDROGEN PEROKSİDLƏ YÜKSƏK OKTAN ƏDƏDLİ OKSİGENATA BİOMİMETİK OKSİDLƏŞMƏSİ

Həsənova L.M., Məmmədova U.V., Ağamaliyeva B.E., Abbaslı T.Ə.
ARETN, Kimya İnstitutu
gasanovalatifa48@gmail.com

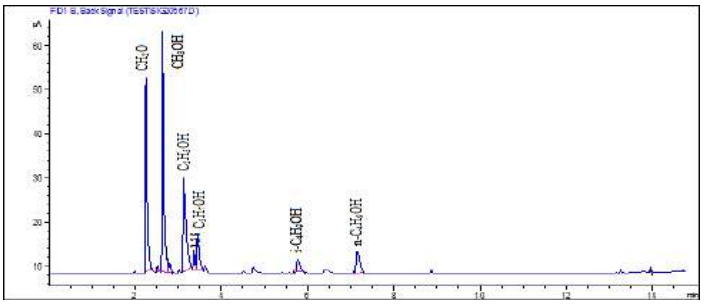
Açar sözlər: *Butan fraksiyası, hidrogen peroksid, biomimetik katalizator, oksigenat.*
Keywords: *Butane fraction, hydrogen peroxide, biomimetic catalyst, oxygenate.*

Butan fraksiyasının $TPhPFe^{+3}OH/Al_2O_3$ biomimetik katalizator iştirakında H_2O_2 ilə oksidləşməsi prosesinin eksperimental tədqiqi nəticəsində katalizatorun funksional

hidroksidləşməsi aktivliyi müəyyən edilmişdir. Heydər Əliyev adına Bakı Neft Emalı zavodunda qazoylun krekinq qurğusundan çıxan, bərpa olunan xammal kimi C_1–C_4 qaz qarışığından ibarət butan fraksiyasının 120-150°C temperaturda 20-30%-li H_2O_2 ilə biomimetik hidroksidləşməsi nəticəsində neft yanacaqlarına əlavə edilən oksigenat kimi C_1–C_4 spirtlər qarışığı alınmışdır (t=150°C-də, C_{H2O2}=20% ilə CH_3OH – 22.6%, C_2H_5OH – 2.4%, C_3H_7OH – 6.7%, C_4H_9OH – 11.0%).

Ağır neft məhsullarının təkrar emalına (krekinq, piroliz və digər neft emalı prosesləri) olan tələbat kiçik molekullu karbohidrogen qazlarının daim alınması ilə nəticələnir. Belə bir qaz qarışığının daimi mövcudluğu, onun bərpa olunan xammal kimi müxtəlif kimyəvi birləşmələrin, o cümlədən spirlərin sintezi üçün istifadəsinə geniş imkanlar yaradır. C_1–C_4 spirtlər qarışığı və ya ayrı-ayrı spirtlərin ekoloji təmiz oksigenat olaraq yanacaqlara əlavə edilməsi ilə avtomobil benzinlərinin istismar keyfiyyətlərinin yüksəldilməsi məlumdur [1, 2]. Spirtlər atmosferə buraxılan zərərli maddələrin miqdarını nəzərə çarpacaq dərəcədə azaldır: karbon 1-oksidinə görə 30%, yanmayan karbohidrogenlərə görə isə 15% [3]. [4] işində tərkibi spirt və efirlərdən ibarət (52% butil spirti, 20% C_5–C_8 spirtləri və 16% efirlər) oksigenatın benzinlərə əlavə edilməsi ilə yanacağın keyfiyyətinin yüksəldilməsi mümkünlüyü göstərilmişdir. Bir neçə xarici ölkələrdə CH_3OH, C_2H_5OH, i-C_4H_9OH spirtləri və onların qarışıqları neft yanacaqlarına oksigenat kimi əlavə edilməsi sınaqdan keçirilir və tədbiq olunur. Son zamanlar ABŞ və Aİ-da benzinlərin tərkibində oksigenə görə 2 küt.% oksigenatın olması mütləq qəbul olunub.

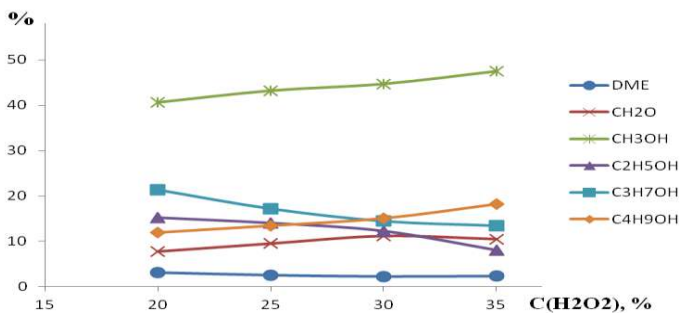
Təqdim olunan işin məqsədi neft emalı zavodlarında alınan karbohidrogen qazlarından yüksək oktan ədədli oksigenat kimi yanacaqlara əlavə edilə bilən C_1–C_4 spirtlər qarışığının alınmasıdır. Bu məqsədlə, Bakı Neft Emalı zavodunda qazoylun krekinq qurğusundan çıxan butan fraksiyasının (BF) (CH_4 – 13.7%, C_2H_6 – 25.0%, C_3H_8 – 35.0%, i-C_4H_{10} – 14.1%, n-C_4H_{10} – 12.2%) hidrogen peroksidlə kiçik molekullu spirtlərə biomimetik hidroksidləşməsi prosesinin tədqiqi aparılmışdır. Bu prosesdə biomimetik katalizatorun istifadəsi sintez edilmiş biomimetik katalizatorların oksidləşmə proseslərində əldə edilmiş yüksək aktivlik və selektivliyinə əsaslanmışdır [5]. İstifadə olunan bioimitator, canlı sistemlərdə oksidləşmə-reduksiya proseslərinə cavabdeh olan sitoxrom P-450 fermentinin prostetik qrupunun tərkibinə müvafiq dəmirporfirin tərkibli aktiv kütləyə malik heterogen− Al_2O_3 üzərinə immobilizə edilmiş dəmirtetrafenilporfirindən ibarət katalizatordur (TPhPFe(III)OH/Al_2O_3).



Şəkil 1. Reaksiya məhsulunun xromatoqrafik analiz.

BF-ın sintez olunmuş TPhPFe(III)OH/Al_2O_3 biomimetik katalizator iştirakında H_2O_2 ilə oksidləşməsi prosesində alınan spirtlərin xromatoqrafik analizi şəkil 1-də göstərilmişdir

Alınan spirt qarışığında spirtlərin miqdarı reaksiya şəraitindən asılı olaraq dəyişir. Reaksiya sisteminə verilən oksidləşdirici – hidrogen peroksidin sulu məhlulda qatılığının alınan qarışıqda spirtlərin miqdarına təsirini əks etdirən əyrilər şəkil 2-də təsvir edilmişdir.



Şəkil 2. Spirtlər qarışığı tərkibinin H_2O_2-in qatılığından asılılığı:
V_{H2O2} = 1.5 ml/saat; V_{BF} = 1.2 l/saat; t = 150°C

Eksperimental tədqiqatın nəticələri göstərir ki, 120-150°C temperaturda, butan fraksiyasının 1.0-1.2 l/saat və 20-30%-li hidrogen peroksidin 1.5 ml/saat verilmə sürətlərində optimal nisbətdə C_1–C_4 spirtlər qarışığı alınır. Ədəbiyyatda göstərilən məlumatlara əsasən belə bir spirtlər qarışığının oksigenat olaraq oktan ədədi 100 vahidi ətrafındadır.

ƏDƏBİYYAT

1. Царев А.В., Карпов С.А. Повышение экологических и эксплуатационных харак-теристик автомобильных бензинов введением оксигенатов. Хим.технология.2007.Т.8,N7. С.324-328.

2. Макаров В.В., Петрыкин А.А., Емельянов В.Е., Шамонина А.В., Баранник В.П., Онойченко С.Н. Спирты как добавки к бензинам. Автомобильная промышленность. 2005. № 8. С. 24-26.

3. Брагинский О.Б. Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России // Российский химический журнал. 2008. Т. 52, N 6. С. 137–146.

4. Ivanov D.P., Kharitonov A.S., Piryutko L.V., Parfenov M.V., Dubkov K.A., Babushkin D.E. Possibility of obtaining high-octane components of motor fuels by oxidation of an industrial isobutane fraction. Catalysis in Industry. 2019, vol. 19, no. 5, pp. 364-374.

5. Nasirova UV, Gasanova LM, Nagiev TM (2010) The monooxidation of ethylene with hydrogen peroxide on the per-FTPhPFe^{3+}OH/Al_2O_3 biomimetic.Russ J PhysChemA 84(6):941–945.

BIOMIMETIC OXIDATION OF C_1–C_4 GAS MIXTURE TO HIGH-OCTANE OXYGENATE WITH HYDROGEN PEROXIDE

Gasanova L.M., Mammadova U.V., Aghamaliyeva B.E., Abbasli T.A.

Summary

As a result of an experimental study of the oxidation process of the butane fraction with H_2O_2 in the presence of the biomimetic catalyst TPhPFe^{+3}OH/Al_2O_3, the functional hydroxylation activity of the catalyst was determined. As a result of biomimetic hydroxylation of the butane fraction, consisting of a C_1–C_4 gas mixture, which is a renewable raw material coming from the gasoyl cracking unit of the Heydar Aliyev Baku Oil Refinery, with 20-30% H_2O_2 at a temperature of 120-150°C, a mixture of C_1–C_4 alcohols was obtained as an oxygenate for petroleum fuel (at t=150°C, C_{H2O2}=20%, CH_3OH – 22.6%, C_2H_5OH – 2.4%, C_3H_7OH – 6.7%, C_4H_9OH – 11.0%).

TULLANTI SULARININ İZOPROPİL EFİRİ VASİTƏSİLƏ MAYE FAZALI EKSTRAKSİYASI ZAMANI SƏPƏLƏYİCİ EKSTRAKTORDA DAMLANIN ÇÖKMƏ SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

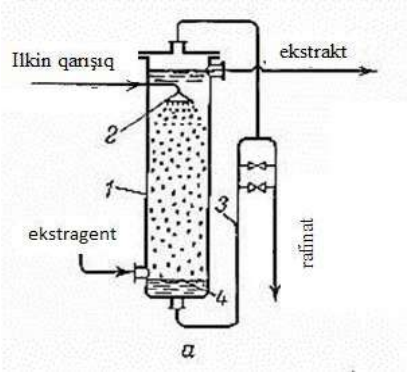
Həsənov Ə.A., İbadova S.Y., Abdullayeva K.S.
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
alakbar48-48@mail.ru, sevinc2206@mail.ru, abdullayeva.kamala@asoiu.edu.az

Açar sözlər: *Ekstraksiya, tullantı suyu, səpələyici kolon, damcı, hesabat, çökmə sürəti.*
Keywords: *Extraction, wastewater, spray column, drop, calculation, sedimentation rate.*

Maye fazalı ekstraksiya məhlul komponentlərinin ayrılması üsulu olub kimyəvi

texnologiyanın kütlə mübadiləsi proseslərindən biridir. Kütlə mübadiləsi prosesləri maddələrin iki qarşılıqlı həll olmayan faza arasında qeyri-bərabər paylanmasına əsaslanır. Maye ekstraksiyası zamanı kütlə mübadiləsinin baş verdiyi hər iki faza maye olur.

Nümunə kimi götürülən tullantı suyunda butilqlikol, fenil-izopropanol, sirkə turşusu və asetilaseton mövcuddur. Bu üzvi maddələrdən suyun təmizlənməsi üçün ekstragent kimi izopropil efiri istifadə olunmuş, aparat kimi isə səpələyici ekstraksiya kolonu tətbiq edilmişdir. Ekstraktorun iş prinsipi aşağıdakı kimidir (şəkil 1).



Şəkil 1. Səpələyici ekstraksiya kolonu:

1 – fazaların ayrılma sərhəddi,
2 – yüngül faza qatı,
3 – hidrobağlayıcı (hidrozatvor),
4 – faza səviyyəsini tənzimləyən klapanın quraşdırıldığı yer;
I, III – yüngül maye;
II, IV – tullantı suyu

Tullantı suyu kolona yuxarıdan, ekstragent isə paylayıcı qurğu vasitəsilə aşağıdan verilir. Paylayıcı qurğunun dəliklərinin diametri 2.5 mm-dir.

Yuxarıdan daxil olan su aparatın demək olar ki, bütün həcmini tutaraq bütöv faza şəklində aşağıya doğru hərəkət edir. Kolonu tərk edərkən o, aparatın tam dolmasını təmin edən hidrozatvor 3-dən keçir. Yüngül maye (ekstragent) isə aşağıdan daxil olur və dispersator vasitəsilə xırda damcılar şəklində paylanır. Yüngül fazanın damcıları fazaların sıxlıq fərqi nəticəsində kolon boyunca yuxarı hərəkət edir. Kolonun yuxarı hissəsində damcılar birləşərək yüngül faza qatını (2) əmələ gətirir və bu qat yuxarıdan çıxarılır. Hidrozatvorda (3) ağır mayenin təzyiqi (statik təzyiq və sürtünmədən yaranan itkilər) kolondakı yüngül və ağır maye

sütununun təzyiqini tarazlaşdırmalıdır. Buna uyğun olaraq kolonda fazaların ayrılma səviyyəsi (1) müəyyən olunur. Kolonda ağır fazanın sürəti sabit qəbul edilir, yüngül fazanın sürəti isə tədricən artır. Yüngül mayenin aşağı sürətlərində damcılar paylayıcıdan bərabər şəkildə əmələ gəlir, sərbəst şəkildə yuxarı qalxır və kolonun yuxarı hissəsində birləşərək yüngül faza qatını yaradır.

Yüngül mayenin verilmə sürəti artdıqca damcıların yaranma tezliyi artır və onlar kolon boyunca daha sıx şəraitdə hərəkət edir; aparatdakı dispers fazanın həcmi artır. Yüngül fazanın sürəti artdıqca çıxış borusunun hidravlik müqaviməti artır və nəticədə fazaların ayrılma sərhədi aşağı düşür.

Ekstraktorların hesablanması üçün damcıların çökmə sürətini bilmək lazımdır.

İzopropil efirinin suda damcı şəklində hərəkəti zamanı dispers fazanın damcı ölçüsü ekstraksiya prosesinin hesablanmasına ciddi təsir göstərir.

Damcı ölçüsünü təyin etməyin bir çox üsulları mövcuddur. Aşağıda daha dəqiq nəticə verən üsul təqdim olunur.

Əvvəlcə aşağıdakı düsturla damcının təxmini ölçüsü müəyyən edilir:

$$\gamma = \sqrt{\frac{2\delta}{g\Delta\rho}} \qquad (1)$$

Daha sonra R parametri təyin olunur

$$R = \frac{d_0}{2\gamma} \qquad (2)$$

Burada: δ – ekstragentin (izopropil efirinin) səthi gərilmə əmsalıdır, δ = 16.49 N/m;

g – damcının sərbəst düşmə sürətlənməsi, g = 9.81 m/s²;

d_0 – dəliyin ölçüsü, d_0 = 2.5 mm = $2.5 \cdot 10^{-3}$ m;

$\Delta\rho$ – çirkab su ilə ekstragentin sıxlıqları fərqidir,

$\Delta\rho = \rho_s - \rho_e$

burada ρ_s – çirkab suyun sıxlığıdır, ρ_s = 1000 kq/m³;

ρ_e – ekstragentin sıxlığıdır, ρ_e = 724.4 kq/m³; bu halda $\Delta\rho$ = 275.6.

Bu qiymətləri (1) və (2) tənliklərində yerinə qoyduqda

γ = $3.46 \cdot 10^{-3}$ m və R = 0.361 alınır.

Damcılı axın zamanı əmələ gələn damcıların həcmi aşağıdakı asılılıqla müəyyən edilir [2]:

$$V = \pi R f(R) \qquad (3)$$

$f(R)$ funksiyasının qiyməti qrafikdən (şəkil 2) tapılır. Qrafikdən görünür ki, $f(R)$ = 0.685 [3]. Onda (3) düsturuna görə V = 0.776. V məlum olduqda, sferik (kürəvi) damcının həqiqi diametri aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$V = \pi d^3 / 6\gamma^3$$

Buradan:

$$d = \gamma \left(\frac{6V}{\pi}\right)^{\frac{1}{3}}$$

hesablayaraq alırıq: $d = 4 \cdot 10^{-3}$ m.

Damcıların sərbəst çökmə sürəti aşağıdakı ardıcıllıqla müəyyən edilir.

Əvvəlcə P parametri hesablanır:

$$P = \frac{\rho_s^2 \delta^3}{g\Delta\rho\mu_s^4} \qquad (4)$$

burada μ_s – çirkab suyun dinamik özlülük əmsalıdır,

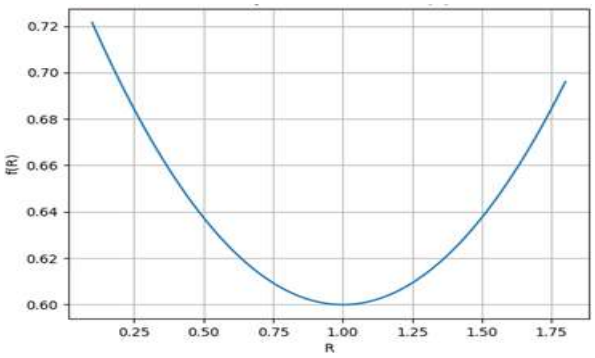
$$\mu_s = 1 \cdot 10^{-3} \frac{Nm}{s}$$

Sonra T parametrinin qiyməti aşağıdakı düsturla tapılır.

$$T = \frac{4\Delta\rho g d^2 P^{0.15}}{3\delta} \qquad (5)$$

(4) və (5) tənliklərindən istifadə edərək P və T qiymətləri tapılır:

$p = 0.16 \cdot 10^{10}$ və $T = 118.6$



Şəkil 2. V –nin $f(R)$funksiyasından asılılıq qrafiki.

Damcının sərbəst çökmə sürətini təyin etmək üçün Reynolds meyarının qiymətini bilmək lazımdır. Bu meyar aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$Re = (Q - 0.75)P^{0.5}$$

Q isə aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$Q = (22T)^{0.42} \quad Q = 27.19$$

Onda $Re = 897.1$

Nəhayət,

$$Re = \frac{W\rho_s d}{\mu_s}$$

tənlikdən istifadə edərək damcının sərbəst çökmə sürətini müəyyən edirik:

$$W = Re\frac{\mu_s}{\rho_s d}, \quad W = 0.224\frac{m}{s}$$

Nəticə

aparılmış tədqiqatlar nəticəsində səpələyici ekstraksiya kolonu üçün ekstragent damcılarının diametri hesablanmışdır Reynolds kriteriyasına əsasən damcının çökmə sürətinin qiyməti tapılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. К. А. Муллабаев, С. К. Чуракова. Технологический и гидравлический расчет колонн жидкостной экстракции. Учебное пособие. Уфа УНПЦ «Издательство УГНТУ» 2022, 87 с.

2. Г.И. Никалаева. Массообменные процессы: Учебное пособие. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005 – 238 с.

3. А.А.Гасанов, Э.А.Мамедов. Определение размера капли в распылительном экстракторе // Наука, техника и образование. 2016. №7 (25). с.39-43

TULLANTI SULARININ İZOPROPİL EFİRİ VASİTƏSİLƏ MAYE FAZALI EKSTRAKSİYASI ZAMANI SƏPƏLƏYİCİ EKSTRAKTORDA DAMLANIN ÇÖKMƏ SÜRƏTİNİN TƏYİNİ

Həsənov Ə.A., İbadova S.Y., Abdullayeva K.S.

Xülasə

Məqalədə aparılmış tədqiqatlar əsasında izopropil efirinin ekstragent kimi istifadə olunduğu, tullantı sularının üzvi həlledicilərdən ayrılması üçün tətbiq edilən səpələyici ekstraksiya aparatının işləmə prosesinin xarakteristikası təqdim olunmuşdur. Tədqiqat zamanı əmələ gələn ekstragent damcılarının parametrləri müəyyən edilmiş, həmçinin maye fazalı ekstraksiya şəraitində onların çökmə sürəti təyin olunmuşdur.

DETERMINATION OF THE SEDIMENTATION VELOCITY OF DROPLETS IN A SPRAY EXTRACTOR DURING LIQUID-PHASE EXTRACTION OF WASTEWATER USING ISOPROPYL ETHER

Gasanov A.A., İbadova S.Y., Abdullayeva K.S.

Summary

Based on the research conducted, this article describes the operating characteristics of a spray extraction apparatus used to separate wastewater and organic solvents using isopropyl ether as an extractant. The study determined the parameters of the extractant droplets formed and established their sedimentation rate under liquid-phase extraction conditions.

SÜRTKÜ YAĞLARININ KİMYƏVİ TƏRKİBİNİN İSTİSMAR XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Əliyev F.Y., Cavadova H.Ə., Cəfərova İ.A.
AMEA Gəncə Bölməsi, ARETN, Kimya İnstitutu,
ARETN, Ekologiya və Təbii Ehtiyatlar İnstitutu
cafarova_ilash@mail.ru

Açar sözlər: *Sürtkü yağları, baza yağı, aşqarlar, istismar xassələri, kimyəvi tərkibi.*

Keywords: *Lubricating oils, base oil, additives, performance properties, chemical composition.*

Ключевые слова: *Смазочные масла, базовое масло, присадки, эксплуатационные свойства, химический состав*

Məqalədə sürtkü yağlarının kimyəvi tərkibinin onların istismar xassələrinə necə təsir göstərdiyi araşdırılır. Qeyd olunur ki, sürtkü yağları əsasən baza yağından və müxtəlif funksional aşqarlar kompleksindən ibarətdir. Baza yağı yağın əsas fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərini müəyyən etsə də, aşqarlar onun istismar keyfiyyətlərini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır. Məqalədə göstərilir ki, yağın özlülüyü, temperatur sabitliyi, oksidləşməyə qarşı davamlılığı, korroziyadan qoruma qabiliyyəti və aşınmaya qarşı xüsusiyyətləri birbaşa onun kimyəvi tərkibi ilə bağlıdır. Məsələn, parafinli və naftenli karbohidrogenlərin nisbəti yağın axıcılığına və aşağı temperaturda işləmə qabiliyyətinə təsir edir. Eyni zamanda, antioksidant, detergent, dispersant və yeyilmə əleyhinə aşqarlar yağın xidmət müddətini uzadır və mexanizmlərin etibarlı işləməsini təmin edir.

Nəticə olaraq, məqalə sübut edir ki, sürtkü yağlarının effektivliyi onların kimyəvi tərkibinin düzgün formalaşdırılmasından asılıdır və bu, texniki sistemlərin uzunömürlülüyü və enerji səmərəliliyi baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Sürtkü yağlarının kimyəvi tərkibi onların istismar xassələrinin formalaşmasında həlledici rol oynayır. Baza yağının xüsusiyyətləri ilə yanaşı, düzgün seçilmiş aşqarlar kompleksi yağın termiki sabitliyini, oksidləşməyə davamlılığını, yeyilmə və korroziyaya qarşı qoruyucu qabiliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Kimyəvi tərkibin optimal balansı sürtkü materiallarının müxtəlif iş şəraitlərində etibarlı və uzunmüddətli fəaliyyətini təmin edir [1].

Müasir dövrdə mühərrikin təkmilləşdirilməsi dövrlər sayının, işçi təzyiqinin və eyni zamanda temperaturun artırılması hesabına həyata keçirilir. Bununla əlaqədar olaraq sürtkü yağlarının keyfiyyətini yüksəltmək məqsədi ilə müxtəlif tələblər qoyulur.

İstismar zamanı sürtkü yağlarının keyfiyyətini xarakterizə edən əsas göstəricilər:

- Özülülük və özlülüyün temperaturdan asılılığı (özlülük indeksi);
- Yüksək alışma temperaturu;
- Aşağı temperaturda donma xassəsi;
- Oksidləşməyə qarşı stabillik;
- Korroziyaya qarşı davamlılıq;
- Mühərrikdə kül əmələgətirmə xassəsidir.

Keyfiyyətli sürtkü materiallarından istifadə olunması mühərriklərin motor ehtiyat hissələrinin işləmə qabiliyyətinin yüksəlməsinə, texnikanın təmirinə və xidmətinə xərclərin azaldılmasına səbəb olur [2, 5].

Baza yağları müxtəlif funksional təsirli aşqarlarla birlikdə lazımi kompleks istismar xassələrinə malikdir, çünki, baza yağlarının hansı üsulla alınmasına və təmizlənməsinə baxmayaraq, onlara təqdim edilən tələblərə cavab vermir.

Sürtkü yağlarının istehsalının təşkili Respublikada istismar olunan müxtəlif çeşidli və texnikada istifadə edilən xüsusilə, teplovoz, stasionar, sənaye, iri yüklü öz yükünü boşaldan müxtəlif markalı gəmi dizelləri üçün motor yağlarının yaradılması, yüksək təsirli aşqar və aşqar paketlərinin tədqiqi, yeni sürtkü kompozisiyalarının işlənib hazırlanması ilə mümkündür. Bu məqsədlə son tələblərə uyğun baza yağlarında çoxfunksiyalı aşqar və aşqar paketlərinin tədqiqi əhəmiyyət kəsb edir [3, 4] .

Məlumdur ki, aşqar kompozisiyalarına optimal qatılıqda daxil olan aşqarlar birliyi yağların bir sıra keyfiyyət göstəricilərinə qoyulan tələbləri ödəyir. Bu kompozisiyalara əlavə daxil edilən komponentin-biosidin qeyd olunan xassələrinə mənfi təsiri ola bilər. Odur ki, yeni biodavamlı sürtkü yağlarının əsas fiziki-kimyəvi və istismar xassələri yoxlanılmalı və tətbiq üçün tövsiyə edilən variantlar elmi və praktiki cəhətdən əsaslandırılmalıdır [6].

Çoxfunksiyalı detergent-dispesedici aşqar və aşqar paketləri əsasında müxtəlif təyinatlı sürtkü yağları üçün biodavamlı aşqar kompozisiyalarının yaradılması sahəsində aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, müxtəlif tərkibli üzvi birləşmələrdən biosid kimi istifadə etməklə onların istismar müddətini artırmaq mümkündür. Belə ki, ekoloji və iqtisadi cəhətdən mühüm əhəmiyətli biodavamlı sürtkü kompozisiyalarının dövlət standartı üzrə müəyyənləşdirilən fiziki-kimyəvi və istismar xassələrinin təyin edilməsi zəruridir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev F.Y., Cavadova H.Ə., Cəfərova İ.A. Biosidlərlə sürtkü kompozisiyalarının istismar xassələrinin təyini. Azərbaycan Neft Təsərrüfatı Jurnalı № 10, 2023, s. 78-83.
1. Məmmədov A.H. *Sürtkü yağlarının texnologiyası*. Bakı: Təhsil nəşriyyatı, 2020, s. 85–130.
2. Əliyev K.T. Yanacaq və sürtkü materiallarının fiziki-kimyəvi xassələri. Bakı: ADNSU nəşriyyatı, 2019, s. 56–98.
3. Алиев Ф.Ю., Джавадова А.А., Джафарова И.А. *Определение эксплуатационных свойств масляных композиций с биоцидом α-фенил-β-нитроэтен.* Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И. М. Губкина. Сборник научных статей по проблемам нефти и газа., №1 (314), Москва-2024 - с.120-128.
4. Mang, T., Dresel, W. *Lubricants and Lubrication*. Wiley-VCH, 2017, p. 55–120.
5. Pirro, D.M., Webster, M., Daschner, E. *Lubrication Fundamentals*. CRC Press, 2016, p. 89–140.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

Алиев Ф.Ю., Джавадова Г.А., Джафарова И.А.

Аннотация

В статье исследуется влияние химического состава смазочных масел на их эксплуатационные свойства. Отмечается, что смазочные масла в основном состоят из базового масла и комплекса различных функциональных присадок. Базовое масло определяет основные физико-химические характеристики, тогда как присадки существенно улучшают эксплуатационные качества масла.

Показано, что вязкость масла, его термическая стабильность, устойчивость к окислению, антикоррозионные свойства и противоизносные характеристики напрямую зависят от химического состава. В частности, соотношение парафиновых и нафтеновых углеводородов влияет на текучесть масла и его работоспособность при низких температурах. Одновременно антиоксидантные, моющие (детергентные), диспергирующие и противоизносные присадки способствуют увеличению срока службы масла и обеспечивают надежную работу механизмов.

В заключение подчеркивается, что эффективность смазочных масел определяется правильным формированием их химического состава, что имеет важное значение для повышения долговечности технических систем и их энергетической эффективности.

THE EFFECT OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF LUBRICATING OILS ON THEIR PERFORMANCE PROPERTIES

Aliyev F.Y., Javadova H.A., Jafarova I.A.

Abstract

The article examines the effect of the chemical composition of lubricating oils on their performance properties. It is noted that lubricating oils mainly consist of a base oil and a complex of various functional additives. While the base oil determines the fundamental physicochemical characteristics, additives significantly enhance the operational performance of the oil. It is shown that the viscosity, thermal stability, oxidation resistance, corrosion protection ability, and anti-wear properties of the oil are directly related to its chemical

composition. In particular, the ratio of paraffinic and naphthenic hydrocarbons affects the fluidity of the oil and its performance at low temperatures. At the same time, antioxidant, detergent, dispersant, and anti-wear additives extend the service life of the oil and ensure reliable operation of mechanisms.

In conclusion, the article demonstrates that the efficiency of lubricating oils depends on the proper formulation of their chemical composition, which is of great importance for the durability of technical systems and their energy efficiency.

YÜKSƏK KÜKÜRDLÜ XAM NEFTIN EMALI ÜZRƏ SƏMƏRƏLİ TEXNOLOGIYALAR

Əsgərzadə S.M., Ağamalıyev Z.Z., İbrahimli C.R.
ARETN, akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
zauraghamaliyev@gmail.com

Açar sözlər: *Yüksək kükrdlü xam neft, ağır neftlərin emalı, kombinə olunmuş emal texnologiyaları.*

Ключевые слова: *Высокосернистая сырая нефть, переработка тяжёлых нефтей, комбинированные технологии переработки.*

Keywords: *High-sulfur crude oil, heavy oil processing, integrated processing.*

Yüksək kükürdlü xam neftlərin emalı üçün ağır neftlərin təkmilləşdirilmiş texnologiyaları mühüm əhəmiyyət daşıyır. Bu cür neftlər adətən yüksək özlülüyü və böyük molekulyar kütləyə malik karbohidrogenlərin yüksək payı ilə xarakterizə olunur. Ağır neftlərin emalının təkmilləşdirilməsi və bu texnologiyalar üzrə tədqiqatlarda modifikasiya olunmuş ənənəvi metodlar və yeni nəsil neft emalı texnologiyaları tətbiq olunur. Bu zaman müxtəlif yataqlardan hasil edilən xam neftlərin xüsusiyyətlərindən asılı olaraq ağır neftlərin emalı üçün fərdiləşdirilmiş (tailored) yanaşmalar qeyd olunmalıdır [1].

Şlam-fazalı hidrokrekinq ağır neftlərin təmiz və yüngül yanacaqlara çevrilməsi üçün effektiv texnologiya kimi ön plana çıxmışdır. Ağır neft və qalıqların şlam-fazalı hidrokrekinqi zamanı daha yüngül yanacaqlar alınır [2]. Bəzi tədqiqatçılar isə şlam-fazalı hidrokrekinq prosesində dispers metal katalizatorları üçün yağda həll olan prekursorlar kimi yeni trialkilmetilammonium molibdat ion mayelərini təklif edirlər [3]. Bu ion mayeləri ağır neft matrisası boyunca katalizatorun effektiv dispersiyasını təmin edərək daha təmiz yanacaqlara çevrilməni asanlaşdırır.

Hidrotermal ağır xam neftlərin *in situ* təkmilləşdirilməsi üçün perspektivli texnologiyalardan sayılır. Yüksək təzyiqli və yüksək temperaturlu reaktor şəraitində aparılan tədqiqat nəticəsində kükürdün miqdarı 5.55 kütlə %-dən 4.51 kütlə %-ə endirilmiş, reoloji xassələr isə əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırılmışdır. Bu nəticələr hidrotermal üsulun sənaye miqyasında ağır neft hasilatı üçün perspektivli texnologiyalardan olduğunu göstərir [4].

"Soyuq krekinq" (cold cracking) texnologiyası ağır neftlərin təkmilləşdirilməsi üçün alternativ yanaşma kimi qiymətləndirilir. Bu üsul elektrik və mexaniki vibrasiyalardan istifadə etməklə H–C rabitələrinin yenidən qurulmasına əsaslanır və ağır xam neftin daha yüngül fraksiyalara çevrilməsini təmin edir [5].

Ağır xam neft qalıqlarının çevrilməsi üçün hidrotəmizləmə və kokslaşma texnologiyalarının birgə tətbiqi daha məqsədəuyğun hesab olunur [6]. Kombinə olunmuş proses nəticəsində yüngül fraksiyaların payı artır, koksun əmələ gəlməsi isə azalır. Bu yanaşma hər bir texnologiyanın ayrıca tətbiqi ilə müqayisədə daha yüksək texniki və iqtisadi səmərəlilik nümayiş etdirir. Kombinə olunmuş hidrotəmizləmə–kokslaşma sxemi hər iki texnologiyanın üstünlüklərindən optimal istifadəni təmin edən effektiv strategiya kimi dəyərləndirilir. Ümumilikdə, bu texnologiyaların təhlili göstərir ki, ağır neftlərin dərin emalında kombinə edilmiş proseslər ayrı-ayrı texnologiyalarla müqayisədə həm texnoloji göstəricilər, həm də iqtisadi səmərəlilik baxımından daha üstün nəticələr verir. Bu yanaşmalar yüngül fraksiyaların çıxımının artırılması, koks əmələgəlmənin azaldılması və enerji resurslarından daha səmərəli istifadə baxımından müasir neft emalı sənayesinin əsas inkişaf istiqamətlərindən biri kimi qiymətləndirilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Yatimi et al., "Advancement in Heavy Oil Upgrading and Sustainable Exploration Emerging Technologies," Arabian Journal of Chemistry, 2024. https:// doi.org/10.1016/ j.arabjc. 2024.105610

2. Prajapati et al., "Slurry phase hydrocracking of heavy oil and residue to produce lighter fuels: An experimental review," Fuel, 2021. https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.119686

3. Ma et al., "Trialkylmethylammonium molybdate ionic liquids as novel oil-soluble precursors of dispersed metal catalysts for slurry-phase hydrocracking of heavy oils," Chemical Engineering Science, 2022. https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.117516

4. Abdelsalam et al., "Aquathermolysis of Heavy Crude Oil: Comparison Study of the Performance of $Ni(CH_3COO)_2$ and $Zn(CH_3COO)_2$ Water-Soluble Catalysts," Catalysts, vol. 13, no. 5, p. 873, 2023. https://doi.org/10.3390/catal13050873

5. Bibani et al., "Cold Cracking Technology for Crude Oil Upgrading in Qaiyarah Heavy Oil Field; Technical and Economical Evaluation," Iraqi journal of chemical and petroleum engineering, 2023. https://doi.org/10.31699/ijcpe.2023.1.5

6. Paez et al., "Combination of hydrotreating and delayed coking technologies for conversion of residue," Journal of the Chemical Industry and Engineering Society of China, 2023. https://doi.org/10.1016/j.cjche.2023.03.029

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОСЕРНИСТОЙ СЫРОЙ НЕФТИ

Аскерзаде С.М., Агамалиев З.З., Ибрагимли Д.Р.

Резюме

Переработка высокосернистой сырой нефти является одной из ключевых проблем современной нефтеперерабатывающей промышленности. В этой связи технологии глубокой переработки тяжёлых нефтей приобретают особую значимость. В представленной работе проведён анализ традиционных и технологий нового поколения, применяемых для переработки тяжёлых нефтей.

Результаты анализа показывают, что комбинированные технологические подходы к переработке тяжёлых нефтей рассматриваются как приоритетное направление современной нефтеперерабатывающей промышленности и обеспечивают более эффективное использование энергетических ресурсов.

EFFICIENT TECHNOLOGIES FOR PROCESSING HIGH-SULFUR CRUDE OIL

Asgarzade S.M., Aghamaliyev Z.Z., Ibrahimli J.R.

Abstract

The processing of high-sulfur crude oil represents one of the major challenges in the modern petroleum refining industry. In this context, advanced deep upgrading technologies for heavy crude oils are of particular importance. The present study analyzes both conventional and next-generation technologies applied to heavy crude oil processing.

The analysis indicates that integrated technological approaches to heavy oil processing are considered a priority direction in modern petroleum refining and enable more efficient utilization of energy resources.

YÜKSƏK KÜKÜRDLÜ XAM NEFTIN EMALI ÜZRƏ SƏMƏRƏLİ TEXNOLOGIYALAR

Əsgərzadə S.M., Ağamalıyev Z.Z., İbrahimli C.R.

Xülasə

Yüksək kükürdlü xam neftlərin emalı müasir neft emalı sənayesinin əsas problemlərindən biridir. Bu baxımdan, ağır neftlərin dərin təkmilləşdirilmiş texnologiyaları xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Təqdim olunan işdə ağır xam neftlərin emalı üçün tətbiq olunan ənənəvi və yeni nəsil texnologiyalar təhlil olunur.

Aparılan təhlil göstərir ki, ağır neftlərin emalında kombinə edilmiş texnoloji yanaşmalar müasir neft emalı sənayesində prioritet istiqamət kimi sayılır və enerji resurslarından daha səmərəli istifadəni təmin edir.

NAR BİTKİSİNİN QABIQ VƏ ÇƏYİRDƏYİNDƏN ALINAN EKSTRAKTLARIN TƏDQİQİ

Əfəndiyeva N.Z., Zeynalova G.H., Abbasova S.H., Məmmədova R.A., Musazadə İ.A.
ARETN, Bioresurslar İnstitutu (Gəncə)
sevincqalib3@gmail.com

Acar sözlər: *nar ekstraktı, nar qabığı, nar çəyirdəyi, sıxlıq*

Ключевые слова: *экстракт граната, кожура граната, семена граната, плотность.*

Keywords: *pomegranate extract,pomegranate peel, pomegranate seeds,dneste.*

İnsanlar həmişə təbiətdən istifadə etməklə yanaşı, həm də xarici mühit amilləri ilə ekoloji tarazlığın düzgün saxlanılmasına cəhd edirlər. Bu tarazlığın pozulması insan səhhətinə mənfi təsir göstərməklə yanaşı müxtəlif xəstəliklərin əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır.Odur ki, xəstəliklərin qismən və yaxud tamamilə aradan qaldırmaq üçün müalicəvi dərmanların alınması istiqamətində geniş elmi- tədqiqat işləri aparılır.

İstər bitkilərin, istərsə də müxtəlif faydalı qazıntıların tərkibləri tibbin ayrı-ayrı sahələrində qiymətli əhəmiyyət kəsb edən bioloji-aktiv birləşmələrlə zəngindir. Bu birləşmələr formokologiyanın bir sahəsi olan dərman formalarının (pasta və məlhəmlər) və yağların alınmasında geniş rol oynayır.Hələ qədim zamanlardan təbii ehtiyatlardan alınan

bioloji-aktiv birləşmələrdən müalicəvi əhəmiyyətli, ekstraktların, linimentlərin, məlhəmlərin alınması və onların tətbiq edilməsi istiqamətində tədqiqat işləri aparılmış və hal-hazırda da aparılır. Apardığımız tətqiqat işindən məlum oldu ki, Qərb Regionunun təbii ehtiyatlarından alınmış bioloji-aktiv maddələrdən müalicəvi əhəmiyyətli ekstraktlar almaq mümkündür [1]. Bütün təbii sərvətlərin, o cümlədən bitkilərin və müxtəlif faydalı qazıntıların tərkibləri tibbin ayrı-ayrı sahələrində qiymətli əhəmiyyət kəsb edən bioloji-aktiv maddələrlə zəngindır [2]. Bu biloji-aktiv maddələr həmişə diqqət mərkəzində olmuşdur. Çünki belə birləşmələr formakologiyanın əsas sahəsi olan dərman formalarının alınmasında mühüm yer tutur. Tibbi əhəmiyyətli bir çox dərman bitkilərinin kök, gövdə, yarpaq, meyvə və toxumlarından alınmış bioloji-aktiv maddələrdən də dərman preparatlarının alınmasında geniş istifadə edilir. Ədəbiyyat məlumatlarına görə qeyd edə bilərik ki, nar qabığı və çəyirdəyi yağından bitki mənşəli qida yağının istehsalında istifadə olunur. Lakin kosmetika və əczaçılıq sənayesində istifadə etmək üçün son illərdə inkişaf etmiş ölkələrdə qurudulmuş nar qabığı və çəyirdəyinin və çəyirdək yağının sağlamlıq məqsədi üçün istifadə edilməsi haqqında müxtəlif tədqiqatlar aparılmışdır[3].

Nar - (Punisaceac) fəsiləsindəndir. Narın elmi adı iki latın sözünün birləşmələrindən əmələ gəlir. “Punica” tünd qırmızı və ya parlaq qırmızı, “qranatus” isə dənə deməkdir. Nar çox qədimdən becərilən və istifadə olunan bitkidir. Onun ən qiymətli sortu eramızdan əvvəl Qədim Yunanıstanın Karfagen vilayətində becərilmişdir [4]. Aprel ayında çiçəkləyir, meyvələri sentyabr-oktyabr ayında yetişir. Nar işıqsevəndir, işıq çatışmadıqda nar ağacından çiçəklənmə müşahidə olunmur.Onun tərkibində C, PP, B_6, B_1, B_2 vitaminlər var. Eyni zamanda kifayət qədər efir yağı, flavonoitlər, kumanin, absentin, anab-sintin, artabsin, xamazulin, üzvi turşular, şəkər selikli və az miqdarda alkoloidli maddələr vardır. Azərbaycanda yayılması - Adi nar təbii halda Alazan-Əyricay vadisində, Kür –Araz avalığında, Abşeronda bitir. Çiçəklənməsi- may, iyun-iyul, bəzən sentyabr- oktyabrda ikinci dəfə çiçəkləyir.Narın meyvəsindən həm təzə, həm də emal edilmiş halda istifadə edilir. Hündürlüyü 1,5-4(5) m olan budaqları qarşı-qarşıya yerlənmiş balaca ağac və koldur. Cavan budaqlarının qabığı yaşıl boz, sonralar işə qəhvəyi rəngli olur. Çılpaq üzərində tikanları vardır. Narın çiçəkləri əsasən iki tiplidir. Çiçəkləri 3sm diametrində olub, iri tək-tək və ya dəstə ilə yerləşir, ləçəkləri qırmızı rənglidir. Meyvələri iri yetişdikdə qabıqlarının rəngi sarı, qırmızı rəng olur. Toxumları çoxsaylı, bir meyvədə 1000-1200-dək və daha çoxdur. Meyvələri iridir, tünd qırmızı və ya sarımtıl rəngli olur, toxumları çox saylıdır. Azərbaycanın “Şah meyvəsi” olan narın yetişdirilmə tarixcəsi vətənimizin tarixi qədər qədimdiir [5].

Azərbaycanın “Şah meyvəsi” nin bütün növlərinin yetişdirildiyi yeganə ölkədir. Eramızdan 1500 il əvvəl Çin təbibləri nar qabığını qurd dərmanı kimi işlətmişlər. Azərbaycanda nardan və onun meyvələrinin qabığından istifadə olunur. Lakin buna baxmayaraq, nar elmi təbabətə ancaq 1807-ci ildən eibarən daxil edilmişdir. Nar bitkisi qədim dövrlərdən bəri dərman bitkisi kimi istifadə edilir. Nar şirəsi iştahanı qaldırır, mədəninin fəaliyyətini tənzimləyir və ağrısızlaşdırıcı xassəyə malikdir. Çiçəklərindən soyuqdəyməyə qarşı toxumlarından isə sarılıq xəstəliyində, ürək döyünməsində, sinə ağrılarında və iştahanı qaldırmaq üşün istifadə edilir. Kök və budaqların qabığı lentşəkilli qurdlara qarşı iflicedici təsir göstərir. Narın növündən və sortundan asılı olaraq meyvələri şirin və turş olur. Nara turş dad verən onun şirəsindəki limon turşusudur. Narın meyvəsin də 2-4 %,cır narda isə 6-9 % limon turşusu var. Nar meyvəsinin tərkibi şəkər və limon turşusu ilə yanaşı vitaminlərlə, boyayıcı maddələrlə, makroelementlərlə də zəngindir.Narda 15 %- karbohidrat, 8,0 % -

protein, B_1 və B_2 vitaminləri ilə bərabər kalsium, fosfor və dəmir var. Narı icindəki pərdə ilə birlikdə yedikdə mədə yarasını müalicə edir. Nar suyu böyrək və qaraciyər xəstəliklərində cox faydalıdır. Nar suyu hərarəti götürür. Nar şirəsinin şərbəti sidikqovucu xassəyə malıkdir. Şirəsini bədəndə revmatizm ağrıları olan nahiyələrə vurduqda ağrıları kəsir. Çiçəyi bağırsaqdakı yara və iltihabı yaxşılaşdırır [6]/

Nar qabığı-Limon turşusu, tanninlər və təbii boyalarla cox zəhgindir. Nar qabıqları ürək üçün cox faydalıdır. Ürək əzələsini qoruyur damarları möhkəmləndirir və təmizləyir. Xolesterolu azaldır, beta hüceyrələrini artıraraq, şəkər, ürək-damar xəstələrinə daha çox fayda göstərir. Pankreas, qida borusu, dəri, bağırsaq, prostat, döş xərçənglərində əks təsir yaradır.

Nar tumunun yağı-soyuq ekstraksiya ilə alınır. Tərkibində doymamış yağ turşusu göstəricisi (punica asid) yüksək olur. Bu maddə güclü antioksidant olaraq xərçəng hüceyrələrini məhv etmə, qanın tərkibindəki şəkərin miqdarını tənzimləmə və insan dərisinə regenerasiya edici (cavanlaşdırıcı) təsirlərə malikdir. Nar tumunun yağı son dərəcə qidalı və zənğindir. Kosmetik və dərman məqsədləri ücün istifadə olunur. Nar tumu yağı sabun, duş geli, masaj yağları, nəmləndirici və digər dəriyə qulluq məhsulları kimi əksər kosmetik vasitələrin formulasına daxildir.

Tədqiqat işi aparmaq üçün xammal kimi Qərb bölgəsində yetişən adi nar (punica granatum) meyvəsinin 5kq sıxılmış cecəsindən istifadə olunmuşdur. Bunun üçün nümunənin çəyirdəyi və qabığı ayrıldı və saf su ilə yuyuldu, 25-40 ^{0} C –də 6-7 saat müddətində quruduldu və xırdalayıcıda üyüdüldü. Nar qabığı = 1890 qr, nar çəyirdəyi -800 qr alındı.Nümunənin nəm faizi (%) təyin edildi, nar qabığı -54,2 %, nar çəyirdəyi -33,3 %.

Ekstraksiya efir yağının yüngül üzvi həlledicilərlə (izopropil spirti, heksan etil spirti, benzin) ayrılması üsuludur. Efir yağları təbiətinə və xassələrinə görə müxtəlif yüngül və uçucu üzvi maddələrlə də yaxşı həll olur.Ekstraksiya prosesi 4-5 saat müddətində 70-80 ^{0} C temperaturda ekstraksiya qurğusunda aparılmışdır. Bu üsul bitkilərdən ətirli yağın üzvü həlledicilər vasitəsilə cıxarılmasına əsaslanır. Ekstraksiya prosesi iki mərhələdən ibarətdir: komponentlərin bitki materialından faktiki çıxarılması və həll edicinin çıxarılması. Ekstraksiyadan sonra həlledici distillə üsulu ilə ayrılır. Nar qabığı və cəyirdəyindən alınan yağın material balansı cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.

Nar qabığı və çəyirdəyindən alınan yağın material balansı.

Xammalın adı	Xammalın miqdarı,(q)	Yağın miqdarı,(q)	Yağın çıxımı,(%)
Adi nar qabığı	500	68,5	13,7
Adi nar çəyirdəyi	500	99,5	19,9

Cədvəldən dəgöründüyü kimi, nar qabığından13,7 %, çəyirdəyindən 19,9 % yağ əldə edilmişdir. Burdan belə nəticə alınır ki, adi nar çəyirdəyində ki,yağın miqdarı qabığa nisbətən 6,2 % çoxdur.Aparılan elmi –tədqiqat işində əsas məqsəd nar qabığı və çəyirdəyindən alınmış yağların fiziki-kimyəvi parametrlərini tədqiq etməkdir. Müxtəlif fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərin təyin edilməsi maddələrin praktiki əhəmiyyətini araşdırır və müxtəlif bitki mənşəli yağların gündəlik həyatda və tibbdə faydalı olmasını əsaslandırır. Ümumiyyətlə, yağların iqtisadi əhəmiyyəti daha çox onların istehlak üçün yararlığını müəyyən etmək üçün ilkin məlumatları təmin edən bu fiziki-kimyəvi göstəricilərdən asılıdır. Adi nar qabığı və çəyirdəyindən alınan yağın fiziki-kimyəvi analizinin nəticələri cədvəl -2 də verilmişdir.

Cədvə 2.

Adin nar qabığı və çəyirdəyi yağının fiziki-kimyəvi göstəriciləri.

№	Rəngi	Şəffaflığı	Qoxu və dad	Sıxlıq,20^0 C,q\sm	Şüasındırma əmsalı,20^0 C	Kin özlülük,20^0 C,mm^2\s	pH	Brix dərəcəsi 25^0 C,Bx	ABC(absorbans ölcmə)
N1	Qırmızı	Şəffaf	Spesifik	0.9108	1.3412	1.864	3.03	0.4	1.954
N2	Ağ	Şəffaf	Spesifik	0.9025	1.3557	1.830	4.33	0.2	1.938

Tərkibində doymamış yağ turşusu göstəricisi (punica asid) yüksək olur. Bu maddə yüksək antioksidant olaraq xərcəng hüceyrələrini məhv etmə, qanın tərkibindəki şəkərin miqdarını tənzimləmə və insan dərisinə regenerasiya edici təsirlərə malikdir. Nar qabıqları ürək üçün çox faydalıdır. Ürək əzələsini qoruyur, damarları möhkəmləndirir və təmizləyir. Bundan başqa doymuş və doymamış yağ turşuları olan nar qabığı və çəyirdəyi yağını sənayedə xammal olaraq biodizel istehsalında, farmakologiya kimi müxtəlif sahələr üçün potensial təbii mənbə kimi istifadə edilə bilər.

Respublikanın Qərb bölgəsinin bitki mənşəli təbii ehtiyatlarına müraciət edərək laboratoriya şəraitində tədqiqat işləri aparılmışdır. Tibbin ayrı-ayrı sahələrində əsas əhəmiyyət kəsb edən və bioloji aktiv birləşmələrlə zəngin olan efir yağları kosmetologiyada geniş istifadə edilir. Bitki xammalarından alınan bioloji-aktiv birləşmələrdən müalicəvi əhəmiyyətli yağlar və həmin yağlar əsasında kosmetik vasitələrin hazırlanması,onların tədqiq edilməsi istiqamətində araşdırmalar aparılmış, hal hazırda tədqiqat işləri geniş yayılmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Qasımov M.Ə. Azərbaycanın faydalı bitki sərvətləri: “Bilgi” dərgisi, 2004.№1,s.78-82.
2. Yusifov N.M., Əliyev F.Y. Dərman bitkilərinin bioloji-aktiv maddələri- AMEA Gəncə bölməsi Regional elmi mərkəzi-“Xəbərlər məcmuəsi Gəncə-2003.
3. Qurbanov E. Ali bitkilərin sistematikası, Bakı, 2009. 210 s.
4. Qasımov M., Məmmədov T., Fitoterapiya, Elm Nəşriyyatı Bakı, 2014, 302 s.
5. Hümbətova H.S., Bəşirov V.V., MohumayevV. R., Yağlı və efir yağlı bitkilər, Bakı- 2016, 248 s.
6. Cəfərov G. H. Ümumi fitopatologiya. B: “Elm”, 2007, 392 s

STUDY OF EXTRACTS OBTAİNED FROM THE PEEL AHD SEED OF THE POMEGRANATE PLANT

Efendiyeva N.Z., Zeynalova G.H., Abbasova S.H., Mammdova R.A., Musazade I.A.

Summary

From the scientific research conducted, we have conducted, we have concluded that concluded that pomegranate peels are very beneficial for the heart.They protect the heart muscles, strengthen and cleanse the arteries, reduce cholesterol, and increase beta celis, so their use in diabetes and vascular diseases would also yieid more affective results.

ИЗУЧЕНИЕ ЭКСРАКТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КОЖУРЫ И СЕМЯН ГРАНАТА

Эфендиева Н.З., Зейналова Г.Х., Аббасова С., Г., Мамедова Р.А., Мусазаде И. А.

Резюме

На основании проведенных научных исследований мы пришли к выводу, что ложура граната оченъ полезна для сердца. Она защищает мышцы, укрепляет и очищает

артерии, снижает уровенъ холестерина и увеличивает количество бета-клеток, поэтому ее исполъзование при диабете и сосудистых заболеваниях также даст более эффекеивные резулътаты.

MÜXTƏLİF TƏRKİBLİ KATALİZATORLAR ÜZƏRİNDƏ TƏBİİ QAZIN ÇEVRİLMƏSİ PROSESİNİN TƏDQİQİ

Babayeva F.Ə., Əhmədova R.H., Yunusov S.H, İbrahimova Z.M, Batyukova Y.V.
ARETN akad. Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
feridan84@gmail.com

Açar sözlər: *təbii qaz, seolit katalizatorlari, modifikasiya, fiziki-kimyəvi analiz üsullari, rentgen-faza, differensial termiki analiz.*

Keywords: *natural gas, zeolite catalysts, modification, physicochemical analysis methods, differential thermal analysis.*

Neft və qaz mühüm enerji və kimyəvi mənbə olduğundan hal-hazırda onlara yüksək tələbat vardır. Lakin neft ehtiyatlarının məhdudluğu və neftin qiymətinin artması mühərrik yanacağı komponentlərinin və neft-kimya prosesləri üçün xammalın alınması üçün təbii qazdan istifadəni zəruri edir. Bildiyimiz kimi hal-hazırda çıxarılan qazın müəyyən miqdarı yanmaya sərf olunur. Bu da hasil olunan qazın müəyyən miqdarda itkisinə səbəb olur. Bu səbəbdən bu itkinin qarşısını almağın mühüm istiqamətlərindən biri onu proseslərə cəlb edərək daha səmərəli və məqsədli məhsullara çevirməkdən ibarətdir. [1-4].

Təbii qaz eyni zamanda yüksək yanacaq səmərəliliyi ilə fərqlənir, eyni zamanda o, kömür və neftə nəzərən daha təmizdir. Bu səbəbdən elektrik enerjisinin alınması zamanı təbii qazdan istifadə kömür və neftlə müqayisədə daha az CO_2 ayrılmasına gətirib çıxardır. Təbii qazın əsas enerji mənbəyi kimi istifadəsindən əlavə, eyni zamanda müxtəlif kimyəvi məhsullara (metanol, sintez-qaz, hidrogen və s.) çevrilməsi də onun dəyərini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

Təbii qazın çevrilmələri müxtəlif tipli katalizatorlar üzərində həyata keçirilir. Qeyd olunan proseslər üçün stabil katalizatorların, xüsusilə seolit əsaslı katalizatorların sintezi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Məhz bu katalitik sistemlərin sintezi, quruluşu, turşu və səth parametrlərinin müxtəlif fiziki metodlarla araşdırılması, onların metanın müxtəlif istiqamətlərdə çevrilmə proseslərində istifadəsinin, bu proseslərdə davamlılığının müəyyən edilməsi, regenerasiyası və bərpadan sonra yenidən istifadədə yararlığı və bu zaman məhsulun çıxımında yüksək nəticələrin əldə edilməsi, prosesinin qanunauyğunluqlarının və reaksiya mexanizmlərinin araşdırılması aktual problemlərdən biridir.

Seokar-2 və IK-17M seolitlərinin hər birinin məsamələrinə ayrıca hopdurma yolu ilə 1, 2 və 3% Ni daxil edilməklə modifikasiya edilmiş nümunələrdən istifadə edərək 550-750ºC temperatur diapazonunda 600-800 saat^{-1} qaz axını sürətində təbii qaz çevrilməsi üzrə təcrübələr aparılmışdır. Təcrübələr az miqdarda aromatik karbohidrogenlər və az miqdarda etilen və propilen daxil olmaqla C_3-C_4 karbohidrogenlərinin əmələ gəldiyini aşkar etmişdir. Temperaturun artması ilə benzol və toluol da daxil olmaqla az miqdarda kiçik birləşmələrin əmələ gəlməsinə doğru transformasiyaların baş verdiyi aşkar edilmişdir. Skaner elektron mikroskopiyası ilə müəyyən edilən nümunələrin fiziki-kimyəvi təhlili, səthdə hissəciklərin

vahid paylanmasını aşkar etdi. Ən kiçik hissəcik ölçüsünün 2,29 μm, ən böyüyünün isə 75 μm olduğu müəyyən edildi.

Nümunələrin skanlaşdırıcı elektron mikroskopu vasitəsilə fiziki-kimyəvi tədqiqinin nəticələrinə əsasən hissəciklərin səthdə bərabər şəkildə paylanması müşahidə olunmuşdur. Ən kiçik hissəciyin ölçüsü 2.29, ən böyüyün ölçüsü isə 75 mikron müəyyən edilmişdir

Sintez edilmiş nümunələrin quruluşunu öyrənməkdən ötrü $CuK\alpha_1$ (λ=1,5418 Å) rentgen trubkalı TD3500 (China) difraktomerindən istifadə edilmişdir. Çəkilmə şəraiti: skanlaşdırma sürəti 2 dər/dəq, bucaq diapazonu 2θ: skanlaşdırma addımı 0.02, boruda gərginlik 40 kv, cərəyan 15 mA. Faza tərkibinin təhlili ICSD göstəricilər bazasının və tətbiqi proqramlar paketinin istifadəsilə aparılmışdır.

Rentgen analizinin nəticələrinə əsasən Seokar-2 seolitinin tərkibi Na-fojazitdən ($Si_{134.40}$ $Al_{57.60}$ $Na_{4.80}$ $Ca_{2.40}$ $O_{426.66}$) ibarətdir və kubik formadadır. Tərkibindəki SiO_2 isə heksoqanal, Ni isə kubik formadadır. İK-17M seolitinin tərkibi isə montmorillonitdən ibarətdir ($Al_{4.00}$ $Si_{8.00}$ $O_{24.00}$ $Ca_{1.00}$) və triklinik formadadır. Tərkibindəki SiO_2 isə ortorombikdir. Bu nümunəyə aid şəkilin təhlilindən aydın olur ki, burada da Ni-ə aid olan faza kubik formadadır.

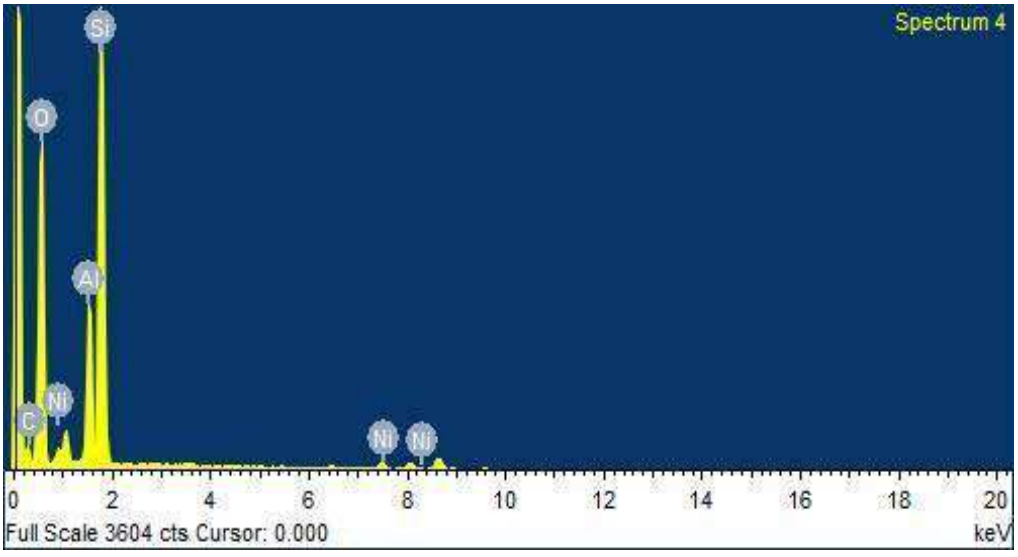
Həm İK-17M, həm də Seokar seolitlərinin SEM şəkillərindən göründüyü kimi ilkin material və modifikasiya olunmuş nümunələr arasında fərq var. Bu fərq ondan ibarətdir ki, ilkin daşıyıcıda daha çox böyük hissəciklər mövcuddur, lakin modifikasiya olunduqdan sonra səthin müəyyən qədər hamarlaşması müşahidə olunur.

SEM analizi zamanı nümunədən götürülmüş hissənin element analizi göstərir ki, həqiqətən də katalizatorun səthində nikel oksid şəklində deyil, məhz nikel metalı şəklindədir.

Burada, nikel, oksigen, alüminium və silisiuma məxsus piklər müşahidə olunur. Belə ki,

Si, O və Al-un pikləri daha intensivdir. Bu da seolitin tərkibində heç bir qarışığın olmadığını, metalın isə təmiz nikel şəklində olduğunu təsdiq edir.

Təbii qaz çevrilmə məhsulları Auto-System XL xromatoqrafı (Perkin Elmer) istifadə edilərək təhlil edilmişdir. Üzvi birləşmə analizi üçün 5% metilpolifenilsiloksan stasionar fazası olan 100 mx250 μm x 0,5μm kapilyar sütun istifadə edilmişdir. Enjektorun temperaturu 250°C, detektorun temperaturu isə 280°C idi. Daşıyıcı qaz kimi helium istifadə edilmiş və qazın axın sürəti 1 ml/dəq idi.

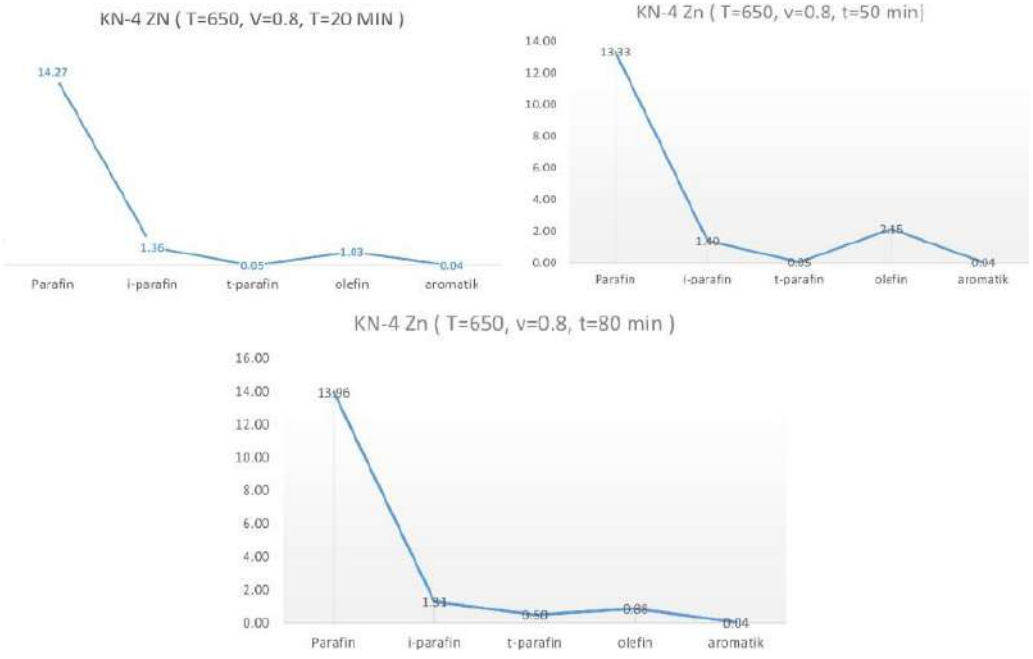


Şəkil 1. Auto-System XL xromatoqrafı (Perkin Elmer)

Cədvəl 1.

Təbii qazın çevrilməsi prosesində əldə edilən qazın tərkibi:

№	Komponent adı	№	Komponent adı
1	metan	16	2.2-dimetilbutan
2	etilen	17	2.3-dimetilbutan
3	etan	18	2-metilpentan
4	propilen	19	3-metilpentan
5	propan	20	heksan
6	i-butan	21	2.2-dimetilpentane
7	buten-1	22	2.4-dimetilpentane
8	izobutilen	23	benzol
9	n-butan	24	tsikloheksan
10	t-buten-2	25	2-metilheksan
11	tc-buten-2	26	2.3-dimetilpentane
12	i-pentan	27	3-metilheksan
13	2-metilbuten-1	28	2.2.4-trimetilpentane
14	n-pentan	29	heptane
15	2-metilbuten-2	30	toluol



Təcrübənin vaxtından asılı olaraq komponentlərin miqdarının dəyişməsi (Kat:5%

Zn/KN-4, T=650ºC, V=800 saat^{-1})

Metanın çevrilməsi istiqamətində olan eksperimentlər eyni zamanda 3%Ni/Seokar-2 və 2%Ni-İK-17M nümunələri üzərində, müxtəlif temperaturlarda, xammalın V=600 saat^{-1} verilmə sürətində də yerinə yetirilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Бабаева Ф.А., Ахмедова Р.Г., Абасов С.И. Закономерности образования С-С связей /Научная программа Международной XXV Всероссийской конференции по химическим реакторам ХимРеактор-25 Тюмень, Россия, 8-13 октября 2023 года , ПС-16. с.362-363

2. R.H.Əhmədova, F.Ə. Babayeva, S.H.Yunusov və s. Təbii qazın çevrilməsi prosesinin qanunauyğunluqları / Təbii ehtiyatlar və tullantıların alternativ enerji mənbəyi kimi emalının aktual problemləri respublika elmi konfransı, Azərbaycan, Gəncə, 2024, s.10-11

3. F.A.Babayeva, S.I Abasov., R.H. Akhmedova, T.I. Suleymanova. Alternative production of hydrocarbons from natural gas (methane) via synthesis gas and methanol//International Petroleum & Petrochemical Technology Conference 2024 (IPPTC 2024)Journal of Physics: Conference Series 2834 (2024) 012187,p1-7IOP Publishingdoi:10.1088/1742-6596/2834/1/012187

4. Ф.А.Бабаева, Р.Г.Ахмедова, С.И. Абасов. Метан – в перспективе ценное сырье для химической промышленности / Təbii ehtiyatlar və tullantıların alternativ enerji mənbəyi kimi emalının aktual problemləri respublika elmi konfransı, Azərbaycan, Gəncə, 2024,c.11-12

STUDY OF THE NATURAL GAS CONVERSION PROCESS ON CATALYSTS OF DIFFERENT COMPOSITIONS

Babayeva F.A., Ahmadova R.H., Yunusov S.H, Ibrahimova Z.M, Batyukova Y.V.

Natural gas conversion is accomplished using various types of catalysts. The synthesis of stable catalysts is crucial for these processes. The synthesis, structure, and characterization of the acidic and surface properties of these catalytic systems using various physical methods, as well as their use in methane conversion processes across various applications, are among the m Natural gas conversion is carried out using various types of catalysts.

Natural gas conversion experiments were conducted using samples modified by introducing 1, 2, and 3% Ni into the pores of each of the Seokar-2 and IK-17M zeolites using separate impregnation at a gas flow rate of 0.6-0.8 l/h in the temperature range of 550-750ºC. The experiments revealed the formation of small amounts of aromatic hydrocarbons and a small amount of C_3-C_4 hydrocarbons, including ethylene and propylene. Physicochemical analysis of the samples, conducted using scanning electron microscopy, revealed a uniform particle distribution on the surface. The smallest particle size was 2.29 μm, and the largest was 75 μm.ost pressing issues.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ЭФИРОВ В КАЧЕСТВЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ДОБАВОК И МОДИФИКАТОРОВ ГОРЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Маммадова Т. А., Айдынова Ш. Я., Микаилова А.М.

МНОАР Институт Нефтехимических Процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева

shebnem.ajdynova@gmail.com

Açar sözlər: *dizel yanacağı, oksigen tərkibli əlavələr, biodizel efirləri, soya yağı turşularının etil efirləri, yanacaq kompaundları, tüstü qazları, yanma modifikatorları*

Ключевые слова: *дизельное топливо, кислородсодержащие добавки, биодизельные эфиры, этиловые эфиры жирных кислот соевого масла, топливные компаунды, выхлопные газы, модификаторы горения*

Keywords: *diesel fuel, oxygen-containing additives, biodiesel esters, ethyl esters of fatty acids of soybean oil, fuel compounds, exhaust gases, combustion modifiers*

В последние годы большое внимание уделяется вопросам снижения вреднего воздействия транспорта на окружающую среду. Одним из важных направлений решения этой проблемы является совершенствование состава моторных топлив и поиск компонентов, способных одновременно повышать качество и снижать содержания вредных веществ, образующихся при их сгорании [1, 2].

Среди различных видов топлива особое значение имеет дизельное, поскольку оно широко применяется в транспортной и промышленной технике. Однако при его сгорании в составе выхлопных газов образуются такие вредные вещества, как CO, NO_x, SO_x и другие загрязняющие компоненты, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Для снижения этого воздействия и улучшения качественных показателей дизельного топлива в настоящее время применяются кислородсодержащие добавки растительного происхождения [3, 4]. В частности, большой интерес представляют биодизельные эфиры, которые могут использоваться в качестве многофункциональных добавок для дизельного топлива.

В данной работе в качестве кислородсодержащих добавок использованы этиловые эфиры жирных кислот соевого масла (ЭЭЖКСМ), которые были добавлены в состав деароматизированного дизельного топлива (ДДТ) в количестве 5-10%. Были изучены физико-химические свойства полученных топливных компаундов, данные которых приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические свойства 5-10%-ных топливных компаундов, полученных на основе ДДТ и ЭЭЖКСМ

Показатели	Евро-5	ДДТ	ДДТ + ЭЭЖКСМ	
			5%	10%
Кинематическая вязкость, $мм^2/с$, 20°C, не более	2,0-6,0	3,15	3,31	3,46
Плотность, $кг/м^3$, 20°C, не более	860,0	841,0	846,5	848,2
Температура застывания, °C, не более	-10 (-35)*	-16	-15	-12
Температура помутнения, °C, не более	-25 (-10)*	-6	-5	-2
Температура вспышки, °C, не менее	55	68	71	75
Йодное число, г J_2/100 г, не более	6	0,0	0,5	0,7
Содержание серы, %, не более	0,0010	0,0010	0,0009	0,0009
Кислотность, мг KOH/100 г, не более	5	0,22	0,23	0,24
Содержание ароматических углеводородов, %	-	0,20	0,18	0,15
Цетановое число, не менее	51	48	51	53
Диаметр пятна износа, мм	0,460	0,775	0,455	0,430

Как видно из таблицы 1, добавление в состав ДДТ, ЭЭЖКСМ в количестве 5-10% благоприятно сказывается на качественных показателях полученных топливных компаундов. Так, увеличивается их температура вспышки и цетановое число соответственно на 3-7^{o}C и 3-5 пунктов. Кроме того, уменьшается содержание серы и ароматических углеводородов в составе полученных компаундов соответственно до 0,0009% и 0,18-0,15%. Одновременно с этим наблюдается снижение диаметра пятна износа: если для 5%-ного компаунда этот показатель составляет 0,455 мм, то для 10%-ного компаунда - 0,430 мм. Остальные свойства также удовлетворяют требованиям стандарта Евро-5 на дизельное топливо.

Далее с помощью газоанализатора «TESTO-350M» был определен состав выхлопных газов при горении ДДТ в чистом виде и с содержанием в нем ЭЭЖКСМ в количестве 5-10%. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Содержание CO, NO_x, SO_x в составе выхлопных газов при горении ДДТ в чистом виде и с содержанием в нем 5-10% ЭЭЖКСМ

Состав выхлопных газов, % масс.	ДДТ	ДДТ + 5%ЭЭЖКСМ	ДДТ + 10%ЭЭЖКСМ
CO	0,540	0,448 (-17%)	0,410 (-24%)
NO_x	0,042	0,037 (-12%)	0,034 (-20%)
SO_x	0,030	0,028 (-8%)	0,026 (-15%)

Как видно из таблицы 2, если при сгорании ДДТ в чистом виде содержание CO, NO_x, SO_x в составе выхлопных газов соответственно составляет 0,540% масс., 0,042% масс., 0,030% масс., то при добавлении в его состав 5-10% ЭЭЖКСМ, содержание этих компонентов снижается соответственно на 17-24%, 12-20%, 8-15%.

Таким образом, полученные результаты показывают, что ЭЭЖКСМ являются эффективными ресурсосберегающими добавками и модификаторами горения дизельного топлива, способствующими улучшению его качества и снижению его вредных выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашева Н.К., Еремеева А.М., Нелькенбаум К.С. Снижение вредных выбросов при работе дизельного двигателя // Известия СПбГТИ (ТУ), 2018. №42 (68), с. 54-57.
2. Айдынова, Ш.Я., Бабаева, Ф.А., Латифова, Т.С. Улучшение качественных показателей дизельного топлива с использованием кислородсодержащих добавок // Республиканская научная конференция на тему «Гейдар Алиев – спасатель и созидатель современного Азербайджана», посвященная 101-летию общенационального лидера Г. Алиева, - Мингячевир: - 3-4 мая, - 2024, - с. 65-66.
3. Əliyeva Z.M., Məmmədova T.A., İmanova A.A, Aydınova Ş.Y. Bitki yağları turşularının efirlərinin yanacaq və yanma modifikatoru kimi tədqiqi // ARETN, Akademik Y.H. Məmmədəliyev adına NKPİ, S.M.Əliyevin anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş "Neft kimyası, polifunksional monomerlər, oliqomerlər və polimerlərin sintezi" mövzusunda konfrans, Bakı, 22 iyun, 2023, s. 49-50.
4. Айдынова, Ш.Я., Маммадова, Т.А. Качественные показатели компаундов на основе деароматизированной дизельной фракции и кислородсодержащих добавок // Международная научная конференция на тему «Современные проблемы технологии

макромолекулярных соединений», посвященная 60-летию кафедры технологии органических веществ и высокомолекулярных соединений, - Баку: - 25-26 апреля, - 2024, - с. 85-86.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ЭФИРОВ В КАЧЕСТВЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ДОБАВОК И МОДИФИКАТОРОВ ГОРЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Маммадова Т. А., Айдынова Ш. Я., Микаилова А.М.

Резюме

Представлены результаты исследований по применению биодизельных эфиров в качестве ресурсосберегающих добавок и модификаторов горения дизельного топлива. Установлено, что при добавлении этиловых эфиров жирных кислот соевого масла (ЭЭЖКСМ) в состав деароматизированного дизельного топлива (ДДТ) в количестве 5-10% улучшаются качественные показатели полученных топливных компаундов, полностью удовлетворяющие требованиям стандарта Евро-5. Кроме того, при сгорании 5-10%-ных топливных компаундов наблюдается снижение содержания CO, NO_x, SO_x в составе выхлопных газов соответственно на 17-24%, 12-20%, 8-15% по сравнению с исходным ДДТ. Таким образом, исходя из полученных результатов было выявлено, что ЭЭЖКСМ могут выступать в качестве ресурсосберегающих добавок и модификаторов горения дизельного топлива.

APPLICATION OF BIODIESEL ESTERS AS RESOURCE-SAVING ADDITIVES ADDITIVES AND COMBUSTION MODIFIERS OF DIESEL FUEL

Mammadova T. A., Aydynova Sh.Y. Микailова A.M.

Summary

The results of studies on the application of biodiesel esters as resource-saving additives and combustion modifiers of diesel fuel are presented. It has been established that the addition of ethyl esters of fatty acids of soybean oil (EEFASO) to dearomatized diesel fuel (DDF) in an amount of 5-10% improves the quality indicators of the obtained fuel compounds, fully meeting the requirements of the Euro-5 standard. In addition, during the combustion of 5-10% fuel compounds, a reduction in the content of CO, NO_x, SO_x in exhaust gases by 17-24%, 12-20%, 8-15%, respectively, compared to the original DDF was observed. Thus, the obtained results demonstrate that EEFASO can be used as resource-saving additives and combustion modifiers for diesel fuel.

BİODİZEL EFİRLƏRİNİN DİZEL YANACAĞINA YANMA MODİFİKATORU VƏ RESURSQƏNAETEDİCİ ƏLAVƏ KİMİ TƏTBİQİ

Məmmədova T. A, Aydınova Ş.Y., Микailова A.M.

Xülasə

Təqdim olunmuş işdə biodizel efirlərinin dizel yanacağına resursqənaetedici əlavə və yanma modifikatoru kimi tətbiqi öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, soya yağı turşularının etil efirləri (SYTEE) aromatiksizləşmiş dizel yanacağına (ADY) 5-10% miqdarında əlavə edildikdə alınan yanacaq kompaundlarının keyfiyyət göstəriciləri yaxşılaşır və onlar Avro-5 standartının tələblərinə tam cavab verir. Bundan əlavə, 5-10%-li yanacaq kompaundlarının yanması zamanı tüstü qazlarının tərkibində CO, NO_x, SO_x-in miqdarı ilkin DDT ilə

müqayisədə müvafiq olaraq 17-24%, 12-20%, 8-15% azalmışdır. Beləliklə, alınan nəticələr SYTEE-in dizel yanacağına resursqənaetedici əlavə və yanma modifikatoru kimi tətbiq oluna biləcəyini göstərir.

BİTKİ YAĞLARI TURŞULARININ BUTİL EFİRLƏRİNİN DİZEL YANACAĞI KİMİ TƏDQİQİ

Əliyeva Z.M., Məmmədova T.A., İmanova A.A, Mikayılova A.M, Əliyeva H.
Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
Zulfiya_aliyeva@inbox.ru

Açar sözlər: *dizel yanacağı, çox funksiyalı əlavələr, bitki yağlarının metil efirləri*
Keywords: *diesel fuel, multifunctional additives, butyl esters of vegetable oils*
Ключевые слова: *дизельное топливо, многофункциональные присадки, бутиловые эфиры растительных масел*

Pambıq, günəbaxan, qarğıdalı, soya və palma bitki yağları turşuları əsasında alınmış butil efirlərinin yanacaq kimi xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, sintez olunmuş efirlər EN 14214 standartının tələblərinə cavab verir. Onların dizel yanacağına 5–20 % əlavə edilməsi yanma məhsullarında zərərli qazların, xüsusilə karbon monooksidin miqdarını 25- 60% kütlə azaldır və yanacağın ekoloji göstəricilərini yaxşılaşdırır.

Hazırkı vəziyyətdə avtomoibillər üçün əsas benzin, dizel, və mayeləşmiş təbii qaz kimi ənənəvi yanacaqlar tərəfindən təmin olunur.Lakin, bu tip yanacaqların istifadəsinin istixana effekti yaradan qazların yaradılması, turşu yağışları və qlobal istiləşmə kimi ekologiya üçün çox zərərli olan effektləri də var. Ekoloji problemlərlə yanaşı, xam neft ehtiyatlarının azalması və mineral enerji daşıyıcılarının istifadəsi nəticəsində Yer Kürəsinin ekologiyasında baş verən dönməz dəyişikliklər alternativ enerji mənbələrinə keçilməsini zəruri edir [1,2].

Təqdim edilıən işdə bitki yağları turşuları əsasında alınmış mürəkkəb efirlər həm sərbəst halda dizel yanacağı əvəzi, həm də əmtəə dizel yanacaqlarına 5-20 % əlavə edildikdə ekoloji cəhətdən daha təhlükəsiz dizel yanacaqları növləri alınmasında istifadə olunurlar.

Tədqiqatlar optimal şəraitlərdə sintez olunmuş pambıq, günəbaxan, qarğıdalı, soya və palma bitki yağları turşularının butil efirlərinin yanacaq kimi təqiqi EN14214 standartına uyğun aparılmış və standartın tələblərinə tam cavab verirmişdir. Alınan nəticələr cədvəl 1-də təqdim edilmişdirlər.

Cədvəl 1.

Sintez olunmuş pambıq, günəbaxan, qarğıdalı, soya və palma bitki yağları turşularının butil efirlərinin keyfiyyət göstəriciləri

Göstəricinin adı	EN 1424 standartın göstəriciləri	butil efirləri				
		Pambıq yağı	Günəba xan yağı	Qarğıdalı yağı	Soya	Palma
1	2	3	4	5	6	7
Setan ədədi, az olmamalı	51	52	52	52	52	53

40 °C-də kinematik özlülük, mm^2/sc	3,5-5,0	3,94	3,45	3,36	3,18	4,38
15 °C-də sıxlıq, kq/m^3	860-900	888,9	886,6	885,4	887,5	885,9
Bağlı putada alışma temp. T, °C az olmamalı	120	125	125	120	127	130
Küllülük, % küt., çox olmamalı	0,02	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
10 %-li qalığın kokslaşması, çox olmamalı	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Turşu ədədi mq KOH/1q, çox olmamalı	0,5	0,30	0,35	0,34	0,18	0,26
Yod ədədi, q J_2/100q, çox olmamalı	120	82,7	84,5	95,04	98,7	21,2
Qaynama intervalı, ºC	-	260-360	255-360	260-360	260-360	270-360

Alınan biodizel yanacaqlarının setan ədədlərinin 52-53, alışma temperaturlarının 125-132^{0}C olması və tərkiblərində kükürdlü birləşmələrin olmaması onların yanğına qarşı davamlı ekoloji təhlükəsiz olduqlarını bir daha sübut edir.

Sintez olunmuş bitki yağları turşularının butil efirlərinin əmtəə dizel yanacağının tərkibinə 5-20 % əlavə edilməsində alınan kompaundların yanma məhsullarının tərkibi "TESTO 350TM" qaz analizatorunda analiz edilmişdir. Alınan nəticələr cədvəl 2-də təqdim edilmişdir .

Cədvəl 2.

Tərkibində pambıq və palma yağları turşularının butil efirləri olan əmtəəlik dizel yanacağının yanması zamanı əmələ gələn tüstü qazlarının tərkibi

Yanacaq növü	Tüstü qazlarının tərkibi, % küt.			Tüstülük, %
	CO	SO_2	NO_X	
ƏDY	0,854	0,082	0,074	60,0
ƏDY + 5 % PamYB. E	0,717	0,0745	0,069	48,3
ƏDY + 5 % PalYB. E	0,700	0,0743	0,068	47,8
ƏDY + 10 % PamYB. E	0,640	0,0737	0,067	35,5
ƏDY + 10 % PalYB. E	0,605	0,0736	0,067	35,0
ƏDY + 15 % PamYB. E	0,495	0,0740	0,063	27,0
ƏDY + 15 % PalYB. E	0,462	0,0738	0,062	26,4
ƏDY + 20 % PamYB.E	0,358	0,0730	0,060	-
ƏDY + 20 % PalYB. E	0,329	0,0731	0,060	-

Tədqiq olunan yağ turşularının butil efirlərinin miqdarlarının dizel yanacağının tərkibində 5- 20 % küt-dək artırılması tüstü qazlarının tərkibində karbon monooksidin miqdarının müvafiq olaraq 25,0-29,0; 42,0-46,0; və 58,0-61,0 % küt. azalmasına səbəb olur və palma yağı turşuları əsasında alınan butil efirləri üçün dəm qazının daha aşağı qatılıqları müşahidə olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyeva, Z.M. Bitki mənşəli dizel yanacaqlarinin alınması və istifadəsinin əsas istiqamətləri // – Sumqayıt: Sumqayıt Dövlət Universiteti Elmi Xəbərlər Təbiət və Texniki Elmlər Bölməsi, – 2019. № 4, c. 19, – s. 38-44

2. Məmmədova, T.A. Bitki yağları turşularının alkil efirləri dizel yanacaqları üçün çoxfunksiyalı əlavələr kimi / T.A. Məmmədova,E.N.Əsgərova, Z.M. Əliyeva // AMEA Gəncə Regional Elmi Mərkəzin Xəbərlər Məcmuəsi,–Gəncə: - 2019. № 1 (75),-s.52-57.

ИССЛЕДОВАНИЕ БУТИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ

Алиева З.М., Мамедова Т.А., Иманова А.А.

Аннотация

Исследованы топливные свойства бутиловых эфиров, полученных на основе жирных кислот хлопкового, подсолнечного, кукурузного, соевого и пальмового растительных масел. Установлено, что синтезированные эфиры соответствуют требованиям стандарта EN 14214. Добавление 5–20 % этих эфиров к дизельному топливу снижает содержание вредных газов в продуктах сгорания, в частности монооксида углерода, на 25–60 % и улучшает экологические показатели топлива.

INVESTIGATION OF BUTYL ESTERS OF FATTY ACIDS OF VEGETABLE OILS AS DİESEL FUEL

Aliyeva Z.M., Mammadova T.A., Imanova A.A.

Abstract

The fuel properties of butyl esters obtained from the fatty acids of cottonseed, sunflower, corn, soybean, and palm oils were investigated. It was determined that the synthesized esters meet the requirements of the EN 14214 standard. The addition of 5–20% of these esters to diesel fuel reduces the amount of harmful gases in the combustion products, particularly carbon monoxide, by 25–60% and improves the environmental characteristics of the fuel.

UTILIZATION OF FOOD INDUSTRY WASTE FOR BIODIESEL PRODUCTION

Mammadova T. A.[1], , Karimli R. J.[2], Candidate
[1]Institute of Petrochemical Processes, [2]Baku Higher Oil School

Keywords: *Used vegetable oil; Biofuels; Sustainable aviation fuel (SAF); Thermo-gravimetric analysis (TGA); Differential thermal analysis (DTA)*

Abstract

The growing depletion of fossil fuel resources and stricter environmental regulations have increased interest in renewable fuels such as biodiesel. Waste vegetable oils generated by the food industry represent a promising and low-cost feedstock for biodiesel production, helping to reduce environmental pollution and dependence on fossil resources.

In this study, the properties of fresh sunflower oil and mixtures of vegetable oils previously used in the food industry were comparatively investigated to evaluate their suitability for producing fatty acid monoalkyl esters as additives to mineral diesel fuels.

Differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetric analysis (TGA) were carried out to assess their thermal behavior.

The results showed that used oils exhibit slightly lower mass loss and higher residue during thermal decomposition, indicating the presence of polymerized and oxidized compounds formed during use. These characteristics suggest lower homogeneity and the

formation of heavier fractions. The findings demonstrate that waste vegetable oils can serve as a potential feedstock for biodiesel or sustainable aviation fuel production, although their altered composition should be considered during processing.

Introduction

The use of alternative energy sources represents one of the key challenges of modern energy systems in the context of the depletion of fossil fuel reserves and the strengthening of environmental requirements for fuels. Conventional petroleum-based diesel fuels are associated with significant emissions of greenhouse gases, sulfur and nitrogen oxides, as well as particulate matter, which have a negative impact on the environment and human health. In this regard, considerable attention is being devoted to the development and implementation of renewable fuels, among which biodiesel occupies an important position.

Biodiesel is considered a more environmentally sustainable alternative to petroleum diesel fuel and can be produced from various types of vegetable feedstock, including waste cooking oils, which have been widely investigated as an economical raw material for biodiesel production [1]. However, the use of edible vegetable oils as raw materials raises economic and social concerns related to competition between fuel production and food supply. In this context, a promising approach is the utilization of waste vegetable oils generated in significant quantities by the food industry and the catering sector, which can be effectively converted into biodiesel using heterogeneous catalysts [2].

The processing of waste vegetable oils into biodiesel makes it possible to simultaneously address several important challenges: reducing the environmental burden through waste utilization, decreasing dependence on fossil resources, and producing an accessible renewable fuel. Various catalytic systems, including nanomagnetic catalysts, have been proposed to improve the efficiency of this process [3]. In addition, the use of such feedstock significantly lowers the cost of biodiesel production, since the cost of raw materials constitutes a substantial share of the overall production expenses.

In the present study, comparative investigations of the properties of sunflower oil and mixtures of vegetable oils previously used in the food industry were carried out in order to evaluate the possibility of producing fatty acid monoalkyl esters from waste vegetable oils for use as an additive to mineral diesel fuels, as the utilization of waste oils for biodiesel production has been extensively studied using various heterogeneous catalysts [4].

Results and Discussion

Differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetric analysis (TGA) were performed for both types of vegetable oils (Fig. 1a and 1b).

The thermal characteristics of the investigated vegetable oils were analyzed in order to evaluate the differences between fresh and used feedstock. Particular attention was given to parameters obtained from DTA and TGA, which reflect the thermal stability and composition of the samples. The comparative properties of the oils investigated are presented in Table 1.

Figure 1a – DTA/TGA of Sunflower Oil

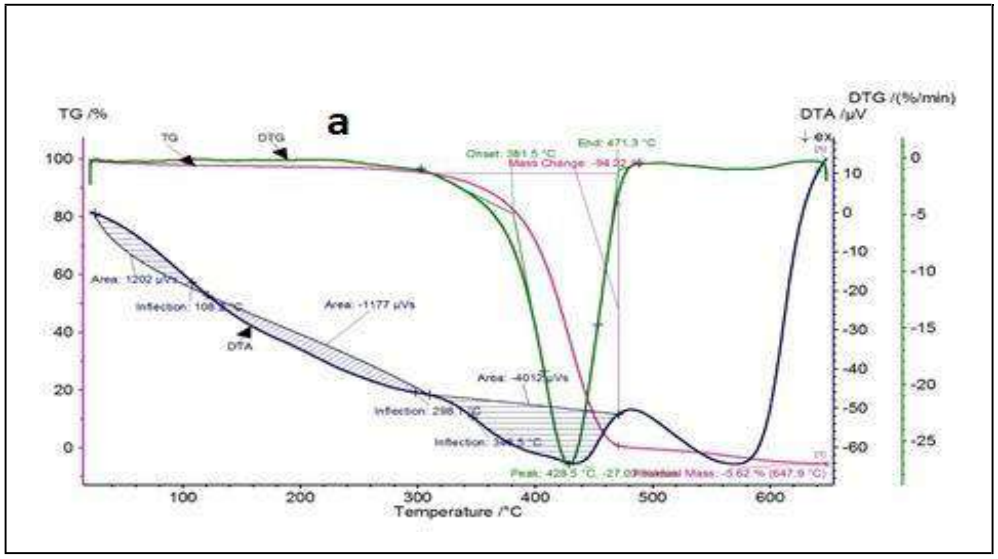


Figure 1b – DTA/TGA of a Mixture of Used Vegetable Oils

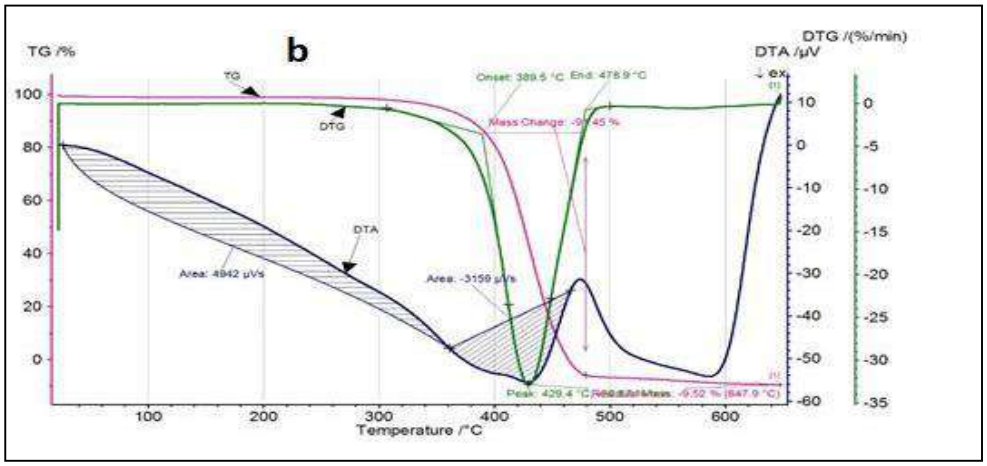


Table 1 – Comparison of DTA/TGA Parameters of Fresh and Used Oils.

Parameter	Fresh Oils	Used Oils	Conclusion
TGA Mass Loss	94.22%	91.45%	Presence of residual/polymeric components in used oil
DTG Peak	428.5 °C	429.4 °C	Slight shift indicating heavier fractions in used oil
DTA Area	-4012 µVs	-3159 µVs	Decrease in exothermic effect, lower homogeneity
Residue	5.6%	8.55%	Higher residual mass in used oil

Conclusions

Thus, based on the obtained data, it can be concluded that vegetable oils used in the food industry exhibit higher thermal stability and a less homogeneous composition, which is associated with the formation of polymerized and oxidized products during their use. These characteristics should be considered when such oils are used as feedstock for biodiesel or sustainable aviation fuel (SAF) production, as they may affect the reactivity and stability of the final product.

REFERENCES

1. Velmurugan A., Warrier A. R. Production of biodiesel from waste cooking oil using mesoporous MgO–SnO_2 nanocomposite // *Journal of Engineering and Applied Science*. — 2022. — Vol. 69. — Article No. 92.
2. Puspitasari P. Biodiesel production from waste cooking oil using calcium oxide derived from scallop shell waste // *Clean Energy*. — 2024. — Vol. 8, No. 2. — P. 113–126.
3. Salimi Z., Hosseini S. A. Production of biodiesel from waste cooking oil in the presence of a $K_2O/BaFe_2O_4$ nanomagnetic catalyst // *ACS Sustainable Resource Management*. — 2024. — Article ID 4c00056.
4. Maleki B., Singh B., Esmaeili H., Venkatesh Y. K., Ashraf Talesh S. S., Seetharaman S. Transesterification of waste cooking oil to biodiesel by walnut shell/sawdust as a novel, low-cost and green heterogeneous catalyst: Optimization via RSM and ANN // *Industrial Crops and Products*. — 2023. — Vol. 193. — Article No. 116261.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ

Маммадова Т.А., Каримли Р. С.

Аннотация

Растущее истощение ресурсов ископаемого топлива и ужесточение экологических требований усилили интерес к возобновляемым видам топлива, таким как биодизель. Отработанные растительные масла, образующиеся в пищевой промышленности, представляют собой перспективное и недорогое сырьё для производства биодизеля, способствуя снижению загрязнения окружающей среды и уменьшению зависимости от ископаемых ресурсов.

В данном исследовании были проведены сравнительные исследования свойств свежего подсолнечного масла и смесей растительных масел, ранее использованных в пищевой промышленности, с целью оценки их пригодности для получения моноалкиловых эфиров жирных кислот в качестве добавок к минеральным дизельным топливам. Для оценки их термических свойств были выполнены дифференциально-термический анализ (ДТА) и термогравиметрический анализ (ТГА).

Полученные результаты показали, что использованные масла характеризуются несколько меньшей потерей массы и более высоким остатком при термическом разложении, что свидетельствует о наличии полимеризованных и окисленных соединений, образующихся в процессе эксплуатации. Эти особенности указывают на более низкую однородность и образование более тяжёлых фракций. Полученные результаты демонстрируют, что отработанные растительные масла могут служить потенциальным сырьём для производства биодизеля или устойчивого авиационного топлива, однако необходимо учитывать их изменённый состав при технологической переработке.

QİDA SƏNAYƏSİ TULLANTILARININ BİODİZEL İSTEHSALI ÜÇÜN İSTİFADƏ EDILMƏSİ

Məmmədova T.A., Kərimli R.C.

Xülasə

Ənənəvi yanacaq ehtiyatlarının getdikcə tükənməsi və ekoloji tələblərin sərtləşməsi biodizel kimi bərpa olunan yanacaq növlərinə marağı artırmışdır. Qida sənayesində yaranan işlənmiş bitki yağları biodizel istehsalı üçün perspektivli və ucuz xammal hesab olunur, eyni zamanda ətraf mühitin çirklənməsinin azaldılmasına və ənənəvi yanacaq resurslarından asılılığın zəiflədilməsinə kömək edir.

Bu tədqiqatda təzə günəbaxan yağı və qida sənayesində istifadə olunmuş bitki yağlarının qarışıqlarının xassələri müqayisəli şəkildə araşdırılmış, onların mineral dizel yanacaqlarına əlavə kimi istifadə edilən yağ turşularının monoalkil efirlərinin alınmasına yararlılığı qiymətləndirilmişdir. Termal xassələrinin qiymətləndirilməsi üçün diferensial termal analiz (DTA) və termoqravimetrik analiz (TQA) aparılmışdır.

Nəticələr göstərmişdir ki, istifadə olunmuş yağlar termal parçalanma zamanı bir qədər aşağı kütlə itkisi və daha yüksək qalıqla xarakterizə olunur ki, bu da istismar prosesində əmələ gələn polimerləşmiş və oksidləşmiş birləşmələrin mövcudluğunu göstərir. Bu xüsusiyyətlər daha aşağı homogenlik və daha ağır fraksiyaların formalaşdığını göstərir. Alınmış nəticələr göstərir ki, işlənmiş bitki yağları biodizel və ya davamlı aviasiya yanacağı istehsalı üçün potensial xammal kimi istifadə oluna bilər, lakin onların dəyişmiş tərkibi texnoloji emal zamanı nəzərə alınmalıdır.

COMPARISON OF THERMAL AND THERMOCATALYTIC AQUAVISBREAKING PROCESSES OF FUEL OIL

[1]Mammadova T.A., [2]Samadova N.E

[1]Institute of Petrochemical Processes, [2]Baku Higher Oil School

natavan.samadova@bhos.edu.az

Keywords: *aquavisbreaking, heavy oil, magnetite*

Ключевые слова: *аквависбрекинг, тяжелая нефть, магнетит*

Açar sözlər: *akvavisbrekinq, ağır neft, maqnetit.*

Abstract

Visbreaking, despite its relative technological simplicity, is an effective thermal process that allows the production of furnace fuel with the required quality characteristics without the need for additional light fuel fractions. At the same time, this process enables the conversion of heavy residual fractions into valuable distillate fractions and contributes to the additional formation of medium and light fuel components.

The integration of visbreaking units into oil refinery processing schemes is of particular importance under modern refining conditions. This is primarily due to the increasing necessity for deep processing of heavy petroleum residues and the continuously growing demand for distillate products such as diesel and other middle distillates. Therefore, visbreaking plays a significant role in improving refinery efficiency and maximizing the yield of valuable light and middle fractions from heavy feedstocks [1–2].In the present work, the process of aquavisbreaking of fuel oil and its mixture containing 5% water was investigated using AZ-4 magnetite as a catalyst. The study aimed to evaluate the influence of water addition and catalytic activity on the conversion of heavy petroleum residues.

Results and conclusions

The experiments were carried out in a laboratory autoclave with a capacity of 1 L, manufactured from chromium–nickel steel and equipped with a heating jacket. The initial feedstock (fuel oil and water) together with the AZ-4 catalyst was loaded into the autoclave so that the total volume of the reaction mixture did not exceed 30–40% of the reactor capacity. After sealing the reactor, the heating elements were switched on and the temperature was gradually increased to 490–500 °C. During the heating stage, the pressure in the system increased to approximately 4.0 MPa. The reaction was then maintained under these conditions for 1.5–2 hours to ensure sufficient conversion of the heavy components.

Table 1:

Material balance of visbreaking process of fuel oil and its mixture with 5% water at 490-500°C.

Parameters	**Thermal process**	**Thermocatalytic process**
	490-500°C	490-500°C, water, magnetite
Taken, %wt.		
Fuel oil	100	100
water	0	5
Products, %wt.		
Gas fraction	17.4	26.7
Fr b.p.-200	4.5	6.5
Fr. 200-350	6.2	9.1
Fr. >350	55.6	49.7
Coke	14.0	10.5
Losses	2.3	2.5
Total	100	105

The comparison of the thermal and thermocatalytic processes at 490-500°C with the addition of water and magnetite (Fe_3O_4) in the thermocatalytic process reveals significant differences in product distribution. The introduction of water and magnetite enhances gas production, likely due to catalytic cracking and water-gas shift reactions. The presence of water and magnetite promotes hydrocracking and decomposition of heavier fractions into lighter hydrocarbons. A higher yield of middle distillates (such as diesel range hydrocarbons) suggests that catalytic activity of magnetite enhances selectivity towards valuable liquid fuels. The thermocatalytic process results in more efficient cracking of heavy hydrocarbons, reducing the yield of the heavy fraction.The catalyst likely inhibits excessive condensation and polymerization reactions, reducing coke formation and improving overall process efficiency. The 5% water addition contributes to hydrogen transfer and additional product formation, explaining the slightly higher total product yield.

The thermocatalytic process shows improved conversion efficiency, with a higher yield of gas and valuable liquid fractions. The use of magnetite and water enhances hydrocracking reactions, leading to a reduction in coke formation and heavy fractions. These improvements suggest that magnetite acts as a catalyst, possibly promoting radical reactions, hydrogen transfer, and water-gas reactions.

REFERENCES

1. Al-Ghefeili, H.M.A., Devi, M.G. and Al-Abri, M.Z. (2022) 'Magnetite nanoparticle mediated catalytic aquathermolysis of Omani heavy crude oil', Journal of the Indian Chemical Society, 99(1), p. 100-114.
2. Lin, D., Feng, X., Wu, Y., Ding, B., Lu, T., Liu, Y., Chen, X., Chen, D. and Yang, C. (2018) 'Insights into the synergy between recyclable magnetic Fe_3O_4 and zeolite for catalytic aquathermolysis of heavy crude oil', Applied Surface Science, 456, pp. 140–146.

MAZUTUN TERMİKİ VƏ TERMOKATALİTİK AKVAVİSBREKİNQ PROSESLƏRİNİN MÜQAYİSƏSİ

[1]Məmmədova T.A., [2]Səmədova N.E

Xülasə

Visbrekinq texnoloqiya baxımdan nisbətən sadə olmasına baxmayaraq, əlavə yüngül yanacaq fraksiyalarından istifadə etmədən tələb olunan keyfiyyət göstəricilərinə malik soba yanacağının alınmasına imkan verən effektiv termiki prosesdir. Eyni zamanda bu proses ağır qalıq fraksiyalarının qiymətli distillat fraksiyalarına çevrilməsinə, həmçinin orta və yüngül yanacaq fraksiyalarının əlavə yaranmasına şərait yaradır.

Müasir neft emalı şəraitində visbrekinq qurğularının neft emalı zavodlarının texnoloji sxemlərinə daxil edilməsi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu, ilk növbədə ağır neft qalıqlarının daha dərin emalına olan tələbatın artması və dizel yanacağı da daxil olmaqla distillat məhsullarına olan tələbin davamlı şəkildə yüksəlməsi ilə bağlıdır. Bu baxımdan visbrekinq ağır xammaldan qiymətli yüngül və orta fraksiyaların çıxımını artırmaqla neft emalı müəssisələrinin səmərəliliyinin yüksəldilməsində mühüm rol oynayır .

Bu işdə AZ-4 maqnetit katalizatorunun iştirakı ilə mazutun və onun 5% su ilə qarışığının akvavisbrekinq prosesi tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın məqsədi ağır neft qalıqlarının çevrilmə dərəcəsinə suyun əlavə olunmasının və katalitik təsirin təsirinin qiymətləndirilməsindən ibarət olmuşdur.

СРАВНЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО И ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОВ АКВАВИСБРЕКИНГА МАЗУТА

[1]Маммадова Т.А., [2]Самадова Н.Э.

Абстракт

Висбрекинг, несмотря на свою относительную технологическую простоту, является эффективным термическим процессом, позволяющим получать печное топливо требуемого качества без использования дополнительных легких топливных фракций. Одновременно данный процесс обеспечивает переработку тяжелых остаточных фракций в ценные дистиллятные фракции и способствует дополнительному образованию средних и легких топливных компонентов.

Включение установок висбрекинга в технологические схемы нефтеперерабатывающих заводов имеет особое значение в современных условиях нефтепереработки. Это связано прежде всего с необходимостью более глубокой переработки тяжелых нефтяных остатков и постоянно растущим спросом на дистиллятные продукты, такие как дизельное топливо и другие средние дистилляты. Таким образом, висбрекинг играет важную роль в повышении эффективности

нефтеперерабатывающих предприятий и увеличении выхода ценных легких и средних фракций из тяжелого сырья.

В данной работе исследован процесс аквависбрекинга мазута и его смеси, содержащей 5% воды, в присутствии катализатора магнетита AZ-4. Целью исследования являлась оценка влияния добавления воды и катализатора на степень превращения тяжелых нефтяных остатков.

VİNİLKETON, VİNİLASETAT VƏ AKRİL TÖRƏMƏLƏRİ ƏSASINDA POLİMERLƏRİN SİNTEZ ÜSULLARININ TƏDQİQİ

Məmmədova A.T., Məmmədova N.R.
Gəncə Dövlət Universiteti
aynur.memmedova47@mail.ru

Açar sözlər: *polimerləşmə, polivinilasetat, poliakrilatlar, funksional polimerlər.*
Keywords: *polymerization, polyvinyl acetate, polyacrylates, functional polymers.*

Tədqiqat işində ın məqsədi əvəzolunmuş vinilketonların, vinilasetatlarlb və akril sırası polimerlərin əsas sintez istiqamətləri, polimerləşmələri, polivinilasetat əsaslı materialların formalaşması, sərbəst radikal, emulsiya və idarəolunan radikal polimerləşmə üsullarının müqayisəsi, alınan polimerlərin spektroskopik, termiki, morfoloji və mexaniki tədqiqat üsulları, bu polimer maddələrin tətbiq sahələri və gələcək inkişaf perspektivləri araşdırılmışdır.

Tədqiqatın metodologiyası

Tədqiqatın metodoloji əsasını beynəlxalq elmi ədəbiyyatın, polimer kimyası üzrə müasir məqalələrin və mövzuya aid nəzəri-praktik tədqiqatların müqayisəli təhlili təşkil edir. Məqalə eksperimental laboratoriya işi kimi deyil, elmi-nəzəri icmal xarakterli tədqiqat kimi hazırlanmışdır. Sistemləşdirmə — sintez üsulları, polimerləşmə mexanizmləri və tədqiqat metodları ardıcıl şəkildə qruplaşdırılmışdır.

Əvəzolunmuş vinilketonların sintezində müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Bunlara asilxloridlərin vinil birləşmələrlə reaksiyası, uyğun karbonil birləşmələrinin kondensasiya çevrilmələri, vinilmaqnezium reagentlərinin karbonil törəmələri ilə reaksiyası və funksional aromatik vinilketonların mərhələli sintezi daxildir. Müasir tədqiqatlarda xüsusilə aril və heteroaril əvəzli vinilketonların alınması daha çox diqqət cəlb edir. Çünki belə monomer lərdən alınan polimerlər optik, fotohəssas və yüksək istilik davamlılığına malik materialların hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

Vinilketonların mühüm xüsusiyyətlərindən biri onların fotohəssas davranışıdır. Karbonil qrupunun iştirakı ilə alınan polivinilketonlar ultrabənövşəyi şüalanmanın təsiri altında zəncir parçalanmasına məruz qala bilər. Bu xüsusiyyət onların fotoparçalanan materiallar, mikrostruk-turlaşdırma, optik sensorlar və xüsusi örtüklər sahəsində istifadəsi üçün əhəmiyyətlidir.

Vinilketonların polimerləşməsi və alınan polimerlərin xüsusiyyətləri

Vinilketonların polimerləşməsi əsasən iki istiqamətdə aparıla bilər: sərbəst radikal polimerləşmə və idarəolunan radikal polimerləşmə. Klassik sərbəst radikal polimerləşmədə

iniciatorun parçalanması nəticəsində aktiv radikallar əmələ gəlir və bu radikallar monomerin ikiqat rabitəsinə birləşərək zəncirin böyüməsini təmin edir.

Ümumi polimerləşmə sxemi belə göstərilə bilər:

$$n\,CH_2 = CH - CO - R \rightarrow [-CH_2 - CH(CO - R) -]$$

Alınan polivinilketonlarda karbonil qrupları makromolekul zəncirinin yan hissəsində yerləşir. Bu qruplar polimerin qütblülüyünü, şüşələşmə temperaturunu, səth xassələrini və fotokimyəvi davranışını müəyyən edir. Əvəzləyicinin quruluşundan asılı olaraq polimerin elastikliyi, sərtliyi, həllolma qabiliyyəti və termiki davamlılığı dəyişə bilər.

Müasir polimer kimyasında vinilketonların idarəolunan radikal polimerləşməsi xüsusi əhəmiyyət daşıyır. Bu üsullar vasitəsilə polimer zəncirinin uzunluğunu, molekul kütləsini və zəncir quruluşunu daha dəqiq tənzimləmək mümkündür. Görünən işıqla aparılan idarəolunan polimerləşmə reaksiyaları isə daha yumşaq şəraitdə, az enerji sərfi ilə funksional polimerlərin alınmasına imkan yaradır.

Vinilasetatların sintezi və polivinilasetatın alınması

Vinilasetat sənaye əhəmiyyətli vinil monomerlərdən biridir. Onun kimyəvi quruluşu belədir:

$$CH_2 = CH - OCOCH_3$$

Vinilasetat molekulunda vinil qrupu ilə asetat qrupu birləşmiş vəziyyətdədir. Bu quruluş monomerin sərbəst radikal polimerləşməyə daxil olmasına imkan verir. Sənaye miqyasında vinilasetat əsasən etilen, sirkə turşusu və oksigenin katalitik reaksiyası ilə alınır. Bu prosesdə palladium əsaslı katalizatorlardan istifadə olunur.

Sadələşdirilmiş reaksiya sxemi belədir:

$$CH_2 = CH_2 + CH_3COOH + 1/2\,O_2 \rightarrow CH_2 = CH - OCOCH_3 + H_2O$$

Bu reaksiya müasir kimya sənayesində mühüm proseslərdən biri hesab olunur. Çünki alınan vinilasetat monomeri birbaşa polivinilasetat, kopolimerlər və polivinil spirti kimi materialların istehsalına yönəldilir.

Vinilasetatın polimerləşməsi nəticəsində polivinilasetat alınır:

$$n\,CH_2 = CH - OCOCH_3 \rightarrow [-CH_2 - CH(OCOCH_3) -]$$

Polivinilasetat su əsaslı yapışdırıcıların, örtüklərin, kağız və odun yapışdırıcılarının hazırlanmasında geniş istifadə olunur. Onun ən mühüm üstünlükləri ucuz olması, emulsiya şəklində tətbiq rahatlığı, yaxşı film əmələ gətirməsi və müxtəlif səthlərə yapışma qabiliyyətidir.

Vinilasetat əsaslı polimerlərin xüsusiyyətləri və tətbiqi

Vinilasetat əsaslı polimerlərin ən geniş yayılmış nümayəndəsi polivinilasetatdır. Polivinilasetat əsasən emulsiya polimerləşməsi üsulu ilə alınır. Bu zaman monomer su mühitində kiçik damcılar şəklində dispersləşdirilir, səthi aktiv maddələr və ya qoruyucu kolloidlər vasitəsilə sabitləşdirilir, iniciatorun təsiri ilə isə polimerləşmə başlayır.

Emulsiya polimerləşməsinin üstünlükləri aşağıdakılardır:

- prosesin su mühitində aparılması;
- istiliyin asan uzaqlaşdırılması;
- yüksək molekul kütləli polimerlərin alınması;
- hazır lateks və ya dispersiya formasında məhsul əldə edilməsi;
- yapışdırıcı və örtük materialları üçün birbaşa tətbiq imkanı.

Polivinilasetatın başqa bir mühüm cəhəti onun polivinil spirtinə çevrilə bilməsidir. Vinil spirti monomeri sərbəst halda sabit olmadığı üçün polivinil spirti birbaşa həmin monomerdən alınmır. Əvvəlcə polivinilasetat sintez edilir, sonra isə hidroliz və ya alkoqoliz reaksiyası ilə asetat qrupları hidroksil qruplarına çevrilir. Nəticədə polivinil spirti alınır.

Polivinil spirti suda həllolma qabiliyyəti, film əmələ gətirməsi, yapışdırıcılıq və biouyğunluq xüsusiyyətlərinə görə tekstil, kağız, qablaşdırma, tibb və əczaçılıq sahələrində istifadə olunur.

Vinilasetatın etilenlə birgə polimerləşməsi nəticəsində elastik və şəffaf kopolimerlər alınır. Bu materiallar qablaşdırma, ayaqqabı sənayesi, kabel örtükləri, yapışdırıcı təbəqələr və elastik polimer məmulatlarında geniş tətbiq edilir.

Akril monomerlərin polimerləşməsi

Akril sırası monomerlər əsasən sərbəst radikal polimerləşmə üsulu ilə polimerləşdirilir. Bu proses ümumi şəkildə belə göstərilə bilər:

$$n\,CH_2 = CH{-}COOR \rightarrow [-CH_2{-}CH(COOR)-]$$

Metakrilatlar üçün isə polimerləşmə sxemi belədir:

$$n\,CH_2 = C(CH_3){-}COOR \rightarrow [-CH_2{-}C(CH_3)(COOR)-]$$

Akril monomerlərin polimerləşməsi zamanı monomerin quruluşu, iniciatorun növü, temperatur, həlledici, monomer qatılığı və zəncir ötürücü maddələrin iştirakı mühüm rol oynayır. Akrilatların polimerləşməsində zəncirdaxili ötürülmə reaksiyaları, budaqlanma və yan reaksiyalar da baş verə bilər. Bu proseslər alınan polimerin molekul kütləsinə, dispersliyinə və mexaniki xassələrinə təsir göstərir.

Akril polimerlərin əsas üstünlüyü onların xassələrinin geniş intervalda dəyişdirilə bilməsidir. Monomer tərkibini dəyişməklə sərt, elastik, şəffaf, suuducu, yapışqan, istiliyədavamlı və ya biouyğun polimerlər almaq mümkündür.

Akril polimerlər aşağıdakı sahələrdə geniş istifadə olunur:

- su əsaslı boyalar və örtüklər;
- yapışdırıcı materiallar;
- hidrogel sistemləri;
- tibbi polimerlər;
- optik şəffaf materiallar;
- qoruyucu örtüklər;
- membranlar;
- kənd təsərrüfatında suuducu polimerlər;
- tekstil və kağız sənayesi.

Polimerləşmə üsullarının müqayisəli təhlili

Əvəzolunmuş vinilketonlar, vinilasetatlar və akril sırası monomerlər müxtəlif polimerləşmə üsulları ilə makromolekulyar maddələrə çevrilə bilir. Bu üsulların seçilməsi monomerin quruluşundan, tələb olunan polimer xassələrindən və tətbiq sahəsindən asılıdır.

Sərbəst radikal polimerləşmə

Sərbəst radikal polimerləşmə ən geniş yayılmış üsullardan biridir. Bu prosesdə iniciator parçalanaraq sərbəst radikallar əmələ gətirir. Həmin radikallar monomerin ikiqat rabitəsinə birləşir və zəncir böyüməyə başlayır.

Bu üsulun üstünlükləri:

- sadə texnoloji aparılma;

- geniş monomer uyğunluğu;
- sənaye miqyasında tətbiq imkanı;
- ucuz iniciatorlardan istifadə;
- müxtəlif şəraitdə aparılma imkanı.

Çatışmayan cəhəti isə molekul kütləsinin və zəncir quruluşunun dəqiq idarə edilməsinin çətin olmasıdır.

Emulsiya polimerləşməsi

Emulsiya polimerləşməsi xüsusilə vinilasetat və akrilat əsaslı latekslərin alınmasında istifadə edilir. Bu üsulda su dispersiya mühiti kimi çıxış edir. Nəticədə alınan məhsul birbaşa yapışdırıcı, boya və örtük sistemlərində tətbiq oluna bilir.

Bu üsul daha ekoloji hesab olunur, çünki üzvi həlledicilərin istifadəsini azaldır. Eyni zamanda, yüksək molekul kütləli polimerlər almağa və hissəcik ölçüsünü müəyyən dərəcədə tənzimləməyə imkan verir.

İdarəolunan radikal polimerləşmə

İdarəolunan radikal polimerləşmə müasir polimer kimyasında mühüm istiqamətdir. Bu üsullar vasitəsilə polimerin molekul kütləsi, zəncir uzunluğu, dispersliyi və arxitekturası daha dəqiq tənzimlənə bilir.

Bu qrupa aşağıdakı yanaşmalar daxildir:

- geri dönən əlavə-parçalanma zəncir ötürülməsi üsulu;
- atom ötürülməli radikal polimerləşmə;
- görünən işıqla induksiya olunan elektron ötürülməli polimerləşmə;
- zəncir sonluğunun idarə edildiyi digər radikal proseslər.

Bu üsullar xüsusilə blok-kopolimerlərin, ulduzşəkilli polimerlərin, funksional zəncir sonluqlu polimerlərin və yüksək dəqiqlikli materialların alınmasında mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Sintez edilmiş polimer maddələr spektroskopik, xromatoqrafik, termiki termoqravimetrik analiz üsulları ilə tədqiq edilmişdir.

Beləliklə, əvəzolunmuş vinilketonlar, vinilasetatlar və akril sırası monomerlər əsasında alınan polimer maddələr həm elmi, həm də sənaye baxımından böyük perspektivə malikdir. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar gələcəkdə daha funksional, davamlı və ekoloji baxımdan əlverişli polimer materialların yaradılmasına mühüm töhfə verə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Zhang, Y., və həmkarları. (2018). Polivinilasetat-butilakrilat emulsiyasında redoks iniciator miqdarının tənzimlənməsi ilə odun yapışma möhkəmliyinin yaxşılaşdırılması. *Polimerlər*, 10(2), 176.
2. Gauthier, A., və həmkarları. (2025). İstehlak məhsullarında vinilasetat monomerinin miqdarının ölçülməsi və istehlakçı məruzqalmasının modelləşdirilmiş qiymətləndirilməsi. *Məruzqalma elmi və ekoloji epidemiologiya jurnalı*.
3. Wang, G., və həmkarları. (2022). Akril turşusu və metil akrilatın bir mərhələli sintezi üzrə son tədqiqatlar. *Kimya mühəndisliyi jurnalı*, 430, 132843.
4. Obermeier, F., və həmkarları. (2024). Monoterpen əsaslı metakrilat və akrilatların sintezi və polimerləşməsi. *Yaşıl kimya*, 26, 2312–2336.
5. Odian, G. (2004). Polimerləşmənin prinsipləri. Dördüncü nəşr. Hoboken: Con Viley və oğulları nəşriyyatı.

6. Stevens, M. P. (1999). Polimer kimyasına giriş. Üçüncü nəşr. Nyu-York: Oksford Universiteti nəşriyyatı.
7. Young, R. J., və Lovell, P. A. (2011). Polimerlərə giriş. Üçüncü nəşr. London: KİS nəşriyyatı.

RESEARCH OF SYNTHESIS METHODS OF POLYMERS BASED ON VINYL KETONE, VINYL ACETATE AND ACRYLIC DERIVATIVES

Mammadova A.T., Mammadova N.R.
Ganja State University

Polymeric materials based on substituted vinyl ketones, vinyl acetates, and acrylic series monomers have great prospects both scientifically and industrially. Research in this direction can make a significant contribution to the creation of more functional, durable, and environmentally friendly polymer materials in the future.

QEYRİ-ÜZVİ BİRLƏŞMƏLƏRİN TƏDRİSİNDƏ İNTERAKTİV METODLARIN TƏSİR MEXANİZMİ

Gəncə Dövlət Universiteti
Abbasova V.A. , Babayeva S.S.

Açar sözlər: *interaktiv təlim, ali təhsil, konstruktivizm, problem əsaslı öyrənmə, analitik düşüncə, virtual laboratoriya, tədris metodları.*

Ключевые слова: *интерактивное обучение, высшее образование, конструктивизм, проблемное обучение, аналитическое мышление, виртуальная лаборатория, методы обучения.*

Keywords: *interactive learning, higher education, constructivism, problem-based learning, analytical thinking, virtual laboratory, teaching methods.*

İnteraktiv təlimin ümumi pedaqoji prinsipləri müxtəlif fənlərin tədrisində spesifik xüsusiyyətlər kəsb edir. Bu baxımdan qeyri-üzvi kimya sahəsində bu metodların tətbiqi xüsusi tədqiqata ehtiyac yaradır. Müasir ali təhsil sistemi qlobal elmi-texnoloji inkişafın təsiri altında davamlı şəkildə yenilənir və bu transformasiya prosesi tədrisin yalnız məzmununa deyil, həm də metodoloji əsaslarına ciddi təsir göstərir. Bu kontekstdə kimya təhsili, xüsusilə qeyri-üzvi kimya sahəsi, tələbələrin yalnız nəzəri biliklərlə təmin olunması deyil, həm də onların analitik düşünmə, tənqidi yanaşma, sistemli təhlil və müstəqil tədqiqat aparmaq bacarıqlarının formalaşdırılması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Qeyri-üzvi kimya maddələrin elektron quruluşu, atomlararası qarşılıqlı təsirlər, kristal qəfəs strukturları və enerji dəyişmələri kimi mürəkkəb və çoxsəviyyəli anlayışları əhatə etdiyindən, bu sahənin tədrisi yüksək səviyyədə idrak aktivliyi tələb edir. Bu xüsusiyyətlər ənənəvi mühazirə əsaslı tədris modelinin məhdudiyyətlərini daha da aydın şəkildə ortaya qoyur, çünki həmin model tələbəni passiv informasiya qəbul edən subyekt kimi formalaşdırır və biliklərin dərin mənimsənilməsinə kifayət qədər şərait yaratmır.

Pedaqoji yanaşmalar öyrənmə prosesini fəal və konstruktiv fəaliyyət kimi xarakterizə edir. Konstruktivist nəzəriyyəyə görə bilik hazır formada ötürülmür, əksinə öyrənən tərəfindən əvvəlki təcrübə və sosial qarşılıqlı təsir əsasında qurulur. Bu yanaşmanın nəzəri əsasları Jean Piaget tərəfindən idrakın mərhələli inkişaf modeli çərçivəsində, Lev Vygotsky

tərəfindən isə sosial öyrənmə və “yaxın inkişaf zonası” konsepsiyası əsasında izah edilmişdir. Bu baxımdan öyrənmə prosesi yalnız fərdi idrak fəaliyyəti deyil, eyni zamanda sosial mühitdə baş verən qarşılıqlı təsir prosesidir. İnteraktiv təlim metodları məhz bu prinsiplərə əsaslanaraq tələbələrin öyrənmə prosesində fəal iştirakını təmin edir və onların idrak potensialını maksimum səviyyədə aktivləşdirir.

Qeyri-üzvi kimyanın tədrisində interaktiv metodların tətbiqi tələbələrin müxtəlif səviyyəli idrak bacarıqlarının inkişafına xidmət edir. Oksidlərin kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi zamanı tələbələr maddələrin davranışını yalnız təsnifat səviyyəsində deyil, həm də elektron quruluş, rabitə tipi və enerji dəyişmələri kontekstində təhlil etməyə cəlb olunur. Bu yanaşma onların səbəb-nəticə əlaqələrini daha dərindən anlamasına və kimyəvi proseslərin mahiyyətini sistemli şəkildə qavramasına imkan yaradır. Qrup müzakirələri və debatlar zamanı tələbələr müxtəlif baxışları müqayisə edir, fərziyyələr irəli sürür və onları elmi arqumentlərlə əsaslandırırlar ki, bu da tənqidi düşünmənin və elmi mühakimə qabiliyyətinin inkişafına şərait yaradır.

Turşu və əsas anlayışlarının müxtəlif nəzəri modellər çərçivəsində izahı tələbələrin konseptual düşünmə qabiliyyətini genişləndirir. Arrhenius theory yalnız sulu məhlullarla məhdudlaşan yanaşma təqdim etdiyi halda, Brønsted–Lowry theory proton mübadiləsinə əsaslanaraq daha geniş tətbiq sahəsi yaradır, Lewis theory isə elektron cütlərinin qarşılıqlı təsirini əsas götürərək kimyəvi reaksiyaların daha ümumi izahını verir. Bu nəzəriyyələrin müqayisəli təhlili tələbələrdə elmi modellərin nisbi xarakteri və onların tətbiq sərhədləri haqqında dərin anlayış formalaşdırır. Rəqəmsal simulyasiya vasitələri və virtual laboratoriyalar isə bu anlayışların vizual və dinamik şəkildə mənimsənilməsinə imkan yaradır, beləliklə abstrakt proseslər konkret təsəvvürlərə çevrilir.

İon tarazlıqları və hidroliz proseslərinin öyrənilməsi zamanı tələbələr yalnız hesablamalar aparmaqla kifayətlənmir, həm də kimyəvi sistemlərin davranışını kompleks şəkildə analiz edirlər. Problem əsaslı öyrənmə çərçivəsində təqdim olunan situasiyalar tələbələri müstəqil qərar qəbul etməyə, müxtəlif dəyişənlər arasındakı əlaqələri müəyyənləşdirməyə və nəticələri əsaslandırmağa yönəldir. Bu yanaşma onların riyazi modelləşdirmə bacarıqları ilə yanaşı, məntiqi düşünmə və reflektiv təhlil qabiliyyətlərini də inkişaf etdirir. Beləliklə, biliklər mexaniki şəkildə yadda saxlanılmır, əksinə, onların daxili məntiqi strukturu dərk edilir.

Kompleks birləşmələrin tədrisində interaktiv metodların tətbiqi məkan təfəkkürünün inkişafına xüsusi töhfə verir. Molekulyar modellərin qurulması, koordinasiya sferalarının təsviri və izomerlik hallarının müqayisəli təhlili tələbələrin üçölçülü düşünmə bacarıqlarını gücləndirir. Rəqəmsal vizuallaşdırma texnologiyaları mikroskopik səviyyədə baş verən proseslərin daha aydın qavranmasına imkan yaradır və tələbələrin abstrakt anlayışları konkret modellərlə əlaqələndirməsinə şərait yaradır.

İnteraktiv təlim metodlarının təsir mexanizmi çoxşaxəli xarakter daşıyır və bir neçə əsas komponent üzərində qurulur. İlk növbədə, bu metodlar tələbələrin öyrənmə prosesində fəal iştirakını təmin edir ki, bu da onların diqqət və idrak aktivliyini artırır. İkinci olaraq, sosial qarşılıqlı təsir və əməkdaşlıq mühiti yaradılır, bu isə biliklərin kollektiv şəkildə qurulmasına və daha dərin mənimsənilməsinə səbəb olur. Üçüncü mühüm amil motivasiyanın artmasıdır; tələbələr real problemlərlə işlədikdə və nəticələrin praktik əhəmiyyətini gördükdə

onların öyrənməyə marağı yüksəlir. Nəhayət, bu metodlar biliklərin tətbiqinə yönəldiyi üçün tələbələr öyrəndiklərini yeni situasiyalarda istifadə etmə bacarığı əldə edirlər.

Kooperativ təlim strategiyaları tələbələrin sosial və kommunikativ bacarıqlarının inkişafında mühüm rol oynayır. Qrup şəklində həyata keçirilən fəaliyyətlər zamanı tələbələr bir-biri ilə fikir mübadiləsi aparır, fərqli yanaşmaları qiymətləndirir və ortaq nəticələr əldə edirlər. Bu proses onların həm akademik, həm də sosial kompetensiyalarının inkişafına xidmət edir. Müəllim isə bu mühitdə informasiya mənbəyi rolundan çıxaraq fasilitator funksiyasını yerinə yetirir, yəni öyrənmə prosesini istiqamətləndirir və tələbələrin idrak fəaliyyətinə dəstək olur.

Motivasiya faktoru interaktiv təlimin effektivliyində mühüm yer tutur. Fəal iştirak, müstəqil araşdırma və praktiki nəticələrin əldə olunması tələbələrdə daxili motivasiyanı gücləndirir. Bu isə öyrənmə prosesinin davamlılığını təmin edir və əldə olunan biliklərin daha uzunmüddətli olmasına səbəb olur. Eyni zamanda, fərdiləşdirilmiş yanaşmanın tətbiqi müxtəlif öyrənmə üslublarına malik tələbələrin potensialını daha effektiv şəkildə reallaşdırmağa imkan verir.

Empirik tədqiqatlar və pedaqoji müşahidələr interaktiv metodların tətbiqinin yüksək effektivliyini təsdiqləyir. Bu metodlarla tədris olunan tələbələr konseptual anlama, analitik düşünmə və eksperimental nəticələrin interpretasiyası baxımından daha yüksək nəticələr göstərirlər. Onların bilikləri yalnız reproduktiv səviyyədə deyil, həm də tətbiq və transformasiya səviyyəsində özünü göstərir. Bu isə müasir ali təhsilin əsas məqsədlərindən biri olan kompetensiya əsaslı yanaşmanın uğurla həyata keçirildiyini göstərir.

Beləliklə, qeyri-üzvi kimyanın interaktiv və konstruktivist prinsiplər əsasında tədrisi tələbələrin elmi dünyagörüşünün formalaşmasına, analitik və tədqiqat bacarıqlarının inkişafına və biliklərin praktik tətbiqinə mühüm töhfə verir. Bu yanaşma onların mürəkkəb problemləri həll etmə, əsaslandırılmış qərarlar qəbul etmə və müstəqil elmi fəaliyyətə qoşulma imkanlarını genişləndirir. Nəticə etibarilə, interaktiv metodların sistemli tətbiqi ali kimya təhsilinin keyfiyyətinin yüksəldilməsi və yüksək ixtisaslı mütəxəssislərin hazırlanması baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Nəticələr

1. Ali kimya təhsilində interaktiv metodların tətbiqi tələbələrin qeyri-üzvi kimya üzrə nəzəri bilikləri daha dərindən və sistemli şəkildə mənimsəməsinə şərait yaradır.
2. İnteraktiv yanaşmalar tələbələrin analitik düşünmə, tənqidi təhlil və elmi əsaslandırma bacarıqlarının inkişafına müsbət təsir göstərir.
3. Qrup işi, debat və problem əsaslı öyrənmə kimi metodlar tələbələrin sosial əməkdaşlıq və kommunikativ bacarıqlarını gücləndirir.
4. Virtual laboratoriyalar və modelləşdirmə vasitələri abstrakt kimyəvi anlayışların (məsələn, kompleks birləşmələr və turşu-əsas nəzəriyyələri) daha asan qavranılmasına imkan yaradır.
5. İnteraktiv təlim tələbələrin dərs prosesinə motivasiyasını və fəal iştirak səviyyəsini artıraraq akademik nailiyyətlərə müsbət təsir göstərir.
6. Ümumilikdə, interaktiv və konstruktivist yanaşmaların sistemli tətbiqi ali kimya təhsilinin keyfiyyətini yüksəldir və gələcək elmi-tədqiqat yönümlü mütəxəssislərin hazırlanmasına mühüm töhfə verir.

ƏDƏBİYYAT

1. Əliyev, R. T. Kimyanın tədrisi metodikası. Bakı: Elm, 2018.

2. Hüseynov, A. M. Ali məktəbdə kimya tədrisinin müasir problemləri. Bakı: ADPU nəşriyyatı, 2020.
3. Məmmədova, S. R. Qeyri-üzvi kimya və onun tədris metodikası. Bakı: Maarif, 2019.
4. Cəfərov, E. H. Pedaqogika və təlim texnologiyaları. Bakı: Təhsil, 2021.
5. Nəcəfova, L. Ə. Ali təhsildə interaktiv təlim metodları. Bakı: Elm və təhsil, 2022.
6. Талызина, Н. Ф. Педагогическая психология. Москва: Академия, 2020.
7. Пидкасистый, П. И. Педагогика высшей школы. Москва: Юрайт, 2019.

МЕХАНИЗМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ В ПРЕПОДАВАНИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Аббасова В. А., Бабаева С.С.

Резюме

В статье рассматривается влияние интерактивных методов обучения на усвоение неорганической химии в системе высшего образования. Подчеркивается, что традиционные лекционные подходы недостаточно эффективно формируют у студентов аналитическое мышление и исследовательские навыки. В качестве альтернативы анализируются интерактивные технологии обучения, основанные на конструктивистском подходе, разработанном Ж. Пиаже и Л. Выготским.

Особое внимание уделяется применению проблемного обучения, групповых дискуссий, проектной деятельности и виртуальных лабораторий при изучении основных разделов неорганической химии, таких как оксиды, кислотно-основные теории, гидролиз солей и комплексные соединения. Показано, что использование этих методов способствует более глубокому пониманию химических процессов, развитию логического и критического мышления, а также повышению учебной мотивации студентов.Результаты исследования свидетельствуют о том, что интерактивные методы значительно повышают качество обучения, обеспечивая формирование профессиональных и научно-исследовательских компетенций будущих специалистов в области химии.

MECHANISM OF THE IMPACT OF INTERACTIVE METHODS IN TEACHING INORGANIC COMPOUNDS

Abbasova V.A., Babayeva S.S.

Summary

The article examines the impact of interactive teaching methods on the learning outcomes of inorganic chemistry in higher education. It highlights that traditional lecture-based approaches are often insufficient for developing students' analytical thinking and research skills. As an alternative, interactive learning technologies based on the constructivist approach developed by Jean Piaget and Lev Vygotsky are analyzed.

Special attention is given to the use of problem-based learning, group discussions, project work, and virtual laboratories in teaching key topics of inorganic chemistry, such as oxides, acid-base theories, salt hydrolysis, and complex compounds. It is shown that these methods contribute to a deeper understanding of chemical processes, enhance logical and critical thinking, and increase students' motivation to learn.

The findings indicate that interactive methods significantly improve the quality of education and support the formation of professional and research competencies in future chemistry specialists.

KİMYA DƏRSLƏRİNDƏ PRAKTİKİ MƏŞĞƏLƏLƏRİN PEDAQOJİ ƏHƏMİYYƏTİ, MƏRHƏLƏLİ TƏŞKİLİ MODELİ, QİYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ MÜƏLLİM VƏ TƏLƏBƏ FƏALİYYƏTİNİN BÖLGÜSÜ

Zeynalova G.S., Yusubova D.V., Məmmədova A.T.
Gəncə Dövlət Universiteti

Açar sözlər: *kimya tədrisi, praktiki məşğələ, laboratoriya işi, tədqiqat yönümlü təlim, problem əsaslı təlim, rəqəmsal laboratoriya, təhlükəsizlik mədəniyyəti, yaşıl kimya, qiymətləndirmə meyarları.*

Keywords: *chemistry teaching, practical training, laboratory work, research-oriented learning, problem-based learning, digital laboratory, safety culture, green chemistry, evaluation criteria.*

Məqalədə kimyanın tədrisində praktiki məşğələlərin təşkili metodları beynəlxalq elmi-pedaqoji yanaşmalar əsasında araşdırılır. Kimya eksperimental elm olduğu üçün onun səmərəli tədrisi yalnız nəzəri biliklərin izahı ilə məhdudlaşmır. Tələbə maddə, reaksiya, müşahidə, ölçmə, təhlükəsizlik və nəticə çıxarma prosesini praktik fəaliyyət vasitəsilə mənimsəməlidir. Beynəlxalq kimya təhsili ədəbiyyatında laboratoriya işi "öyrənərək etmək" yanaşmasının əsas formalarından biri kimi qiymətləndirilir və tələbələrin real obyektlər, avadanlıqlar və kimyəvi hadisələrlə qarşılıqlı fəaliyyətinə imkan yaradır.

Məqalədə praktiki məşğələlərin məqsədi, metodoloji quruluşu, mərhələli təşkili, izahlı-demonstrativ metod, tədqiqat yönümlü təlim, problem əsaslı yanaşma, qrup işi, rəqəmsal laboratoriyalar, təhlükəsizlik mədəniyyəti, yaşıl kimya prinsipləri və meyar cədvəli əsasında qiymətləndirmə təhlil edilir. Beynəlxalq mənbələrdə laboratoriya fəaliyyəti kimya tədrisinin mərkəzi komponentlərindən biri kimi qəbul olunur. Praktiki məşğələlər tələbəni passiv dinləyici mövqeyindən çıxararaq fəal öyrənənə çevirir. Tələbə bu prosesdə müşahidə aparır, sual verir, təcrübənin nəticəsini qeyd edir, kimyəvi hadisənin səbəbini izah edir və nəzəri biliklə praktiki nəticə arasında əlaqə yaradır. Bu baxımdan praktiki məşğələ kimya dərsində yalnız əlavə fəaliyyət deyil, fənnin mahiyyətini açan əsas metodik vasitədir.

Tədqiqatın məqsədi kimyanın tədrisində praktiki məşğələlərin təşkili metodlarını beynəlxalq elmi-pedaqoji yanaşmalar əsasında araşdırmaq, onların təlim prosesində rolunu müəyyənləşdirmək və səmərəli tətbiq modeli təklif etməkdir.

Bu məqsədə uyğun olaraq məqalədə aşağıdakı məsələlər nəzərdən keçirilir:

kimya tədrisində praktiki məşğələlərin pedaqoji əhəmiyyəti;

laboratoriya işinin mərhələli təşkili;

müəllim və tələbə fəaliyyətinin əlaqələndirilməsi;

Praktiki məşğələlərin pedaqoji əhəmiyyəti

Praktiki məşğələlər tələbələrdə həm fənn biliklərini, həm də tətbiqi bacarıqları inkişaf etdirir. Kimya dərsində bir anlayışın yalnız tərifini öyrənmək onun dərindən mənimsənilməsi üçün kifayət deyil. Məsələn, "turşu mühiti", "əsas mühiti", "neytrallaşma", "çöküntü

reaksiyası” və ya “reaksiyanın sürəti” kimi anlayışlar təcrübə ilə əlaqələndirildikdə daha anlaşıqlı olur.

Praktiki məşğələlər aşağıdakı bacarıqların formalaşmasına xidmət edir:

müşahidə aparmaq;

laborator avadanlıqdan istifadə etmək;

maddələrlə təhlükəsiz işləmək;

ölçmə və hesablama aparmaq;

nəticələri cədvəl və ya hesabat formasında yazmaq;

səbəb-nəticə əlaqəsini müəyyənləşdirmək;

fərziyyə irəli sürmək;

nəticəni izah etmək və əsaslandırmaq;

qrupda əməkdaşlıq etmək;

laborator təhlükəsizlik mədəniyyətinə yiyələnmək.

Praktiki məşğələ tələbəyə kimyanın yalnız dərslik məlumatı deyil, real hadisələri izah edən elm olduğunu göstərir. Bu isə fənnə marağı artırır və öyrənməni daha mənalı edir.

Praktiki məşğələnin mərhələli təşkili modeli

Kimya dərslərində praktiki məşğələlərin səmərəli təşkili üçün əvvəlcədən planlaşdırılmış mərhələli modeldən istifadə etmək məqsədəuyğundur. Bu model müəllimə dərsi daha sistemli qurmağa, tələbəyə isə prosesin məqsədini və ardıcıllığını daha yaxşı anlamağa imkan verir.

Mərhələ	**Məzmunu**	**Əsas məqsəd**
Hazırlıq	Mövzu, məqsəd, maddə və avadanlıqların müəyyən edilməsi	Təcrübəyə hazırlıq
Təhlükəsizlik	Reaktivlər, qoruyucu vasitələr və davranış qaydalarının izahı	Risklərin azaldılması
İzah	Təcrübənin mahiyyəti və aparılma ardıcıllığının açıqlanması	Nəzəri baza yaratmaq
İcra	Tələbələrin fərdi və ya qrup şəklində təcrübə aparması	Praktiki bacarıq formalaşdırmaq
Müşahidə	Rəng, çöküntü, qaz ayrılması və digər dəyişikliklərin qeyd edilməsi	Elmi müşahidə bacarığı
Müzakirə	Nəticələrin müqayisəsi və səbəbin izahı	Analitik düşünmə
Qiymətləndirmə	Proses və nəticənin meyarlar üzrə dəyərləndirilməsi	Təlim nəticəsini müəyyən etmək

Bu mərhələli yanaşma praktiki məşğələnin təsadüfi fəaliyyət kimi deyil, məqsədli və nəticəyönlü təlim prosesi kimi aparılmasına imkan verir.

11. Müəllim və tələbə fəaliyyətinin bölgüsü

Praktiki məşğələlərdə müəllim və tələbə fəaliyyəti aydın şəkildə bölüşdürülməlidir. Müəllim yalnız məlumat verən şəxs deyil, həm də təhlükəsizliyi təmin edən, müşahidəni istiqamətləndirən və nəticələrin müzakirəsini təşkil edən pedaqoji rəhbərdir. Tələbə isə yalnız göstərişi yerinə yetirən deyil, müşahidə edən, izah edən və nəticə çıxaran fəal iştirakçıdır.

Mərhələ	**Müəllimin fəaliyyəti**	**Tələbənin fəaliyyəti**
Hazırlıq	Məqsədi, mövzunu və gözlənilən nəticəni izah edir	Məşğələnin məqsədini anlayır
Təhlükəsizlik	Riskləri və davranış qaydalarını bildirir	Qoruyucu vasitələrdən istifadə edir
İcra	Prosesi izləyir, lazım gəldikdə istiqamət verir	Təcrübəni ardıcıllıqla yerinə yetirir

Müşahidə	Yönləndirici suallar verir	Müşahidələri qeyd edir
Müzakirə	Cavabları ümumiləşdirir	Nəticəni izah edir və əsaslandırır
Qiymətləndirmə	Fəaliyyəti meyarlar üzrə dəyərləndirir	Öz işini təqdim edir

Bu bölgü praktiki məşğələnin nizamlı və məqsədyönlü aparılmasına kömək edir.

Praktiki məşğələlərin qiymətləndirilməsi

Praktiki məşğələnin səmərəliliyi düzgün qiymətləndirmə ilə müəyyən olunur. Qiymətləndirmə yalnız yekun cavaba əsaslanmamalıdır. Tələbənin təcrübəni necə planlaşdırması, təhlükəsizlik qaydalarına necə əməl etməsi, müşahidələri necə qeyd etməsi və nəticəni necə əsaslandırması da nəzərə alınmalıdır.

Meyar cədvəli əsasında qiymətləndirmə, yəni rubrik əsaslı qiymətləndirmə (Rubric-based assessment) bu baxımdan daha obyektiv yanaşma hesab olunur. Kimya tədrisində qiymətləndirmə meyarlarının istifadəsi üzrə sistemli icmalda bu meyarların müəllim gözləntilərini aydınlaşdırdığı, standartları dəqiqləşdirdiyi, tələbələrin özünüqiymətləndirmə bacarığını inkişaf etdirdiyi və qiymətləndirmə ilə gözlənilən nəticələr arasında uyğunluğu gücləndirdiyi göstərilir.

Praktiki məşğələ üçün qiymətləndirmə cədvəli belə qurula bilər:

Meyar	**Təsviri**
Təhlükəsizlik qaydalarına əməl etmə	Qoruyucu vasitələrdən istifadə edir və reaktivlərlə düzgün davranır
Avadanlıqdan istifadə	Sınaq şüşəsi, damcıtökən, ölçü qabı və digər vasitələrdən düzgün istifadə edir
Təcrübənin ardıcıllığı	İşin gedişini mərhələlər üzrə yerinə yetirir
Müşahidələrin qeyd edilməsi	Rəng dəyişməsi, qaz ayrılması və çöküntü kimi nəticələri dəqiq qeyd edir
Nəticənin izahı	Kimyəvi hadisənin səbəbini nəzəri biliklə əlaqələndirir
Qrup işi	Tapşırıq bölgüsündə və müzakirədə iştirak edir
Yekun hesabat	Nəticəni səliqəli, əsaslandırılmış və elmi dildə təqdim edir

Bu cür qiymətləndirmə tələbəni yalnız düzgün cavab almağa deyil, bütün laborator prosesə məsul yanaşmağa yönəldir.

Kimyanın tədrisində praktiki məşğələlər fənnin mənimsənilməsində mühüm rol oynayır. Bu məşğələlər tələbələrin nəzəri biliklərini möhkəmləndirir, müşahidə və təcrübə aparma bacarıqlarını inkişaf etdirir, kimyəvi hadisələri real fəaliyyət əsasında anlamağa imkan verir. Beynəlxalq ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, laboratoriya işi yalnız təcrübənin icrası kimi deyil, məqsədli, təhlükəsiz, tədqiqat yönümlü və qiymətləndirilən öyrənmə prosesi kimi təşkil edilməlidir. Praktiki məşğələlərdə tələbə aktiv iştirak etməli, nəticəni özü müşahidə etməli, təhlil etməli və nəzəri biliklə əlaqələndirməlidir.

Praktiki məşğələlərin səmərəli təşkili üçün mərhələli müəllim-tələbə fəaliyyətinin düzgün bölgüsü, meyar cədvəli əsasında qiymətləndirmə birlikdə tətbiq olunmalıdır.

Beləliklə, kimyanın tədrisində praktiki məşğələlər yalnız laborator iş kimi deyil, elmi düşünmə, təhlükəsiz davranış, ekoloji məsuliyyət, tədqiqat bacarığı və nəzəri biliklərin tətbiqi üçün mühüm pedaqoji vasitə kimi qiymətləndirilməlidir.

ƏDƏBİYYAT

1. American Chemical Society. (n.d.). *Creating a Safety Culture*. American Chemical Society.
2. American Chemical Society, Committee on Chemical Safety. (2016). *Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions*. American Chemical Society.

3. American Chemical Society. (2023). *ACS Guidelines and Evaluation Procedures for Bachelor's Degree Programs*. American Chemical Society.
4. Hofstein,A.,&Lunetta, V.N.(2004).*The lab. in science educ: Foundations for the twenty-first century*. Science Education, 88(1),28–54. https://doi.org/10.1002/sce.10106
5. Hofstein, A., & Hugerat, M. (2021). *Teaching and Learning in the School Chemistry Laboratory*. Royal Society of Chemistry.
6. Jegstad, K. M. (2024). *Inquiry-Based Chemistry Education: A Systematic Review*. Studies in Science Education, 60(2), 251–313. https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2248436
7. Chan, P., Van Gerven, T., Dubois, J. L., & Bernaerts, K. (2021). *Virtual chemical laboratories: A systematic literature review of research, technologies and instructional design*. Computers and Education Open, 2, 100053. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100053

PEDAGOGICAL SIGNIFICANCE OF PRACTICAL WORKSHOPS IN CHEMISTRY LESSONS, STAGED ORGANIZATIONAL MODEL, EVALUATION AND DIVISION OF TEACHER AND STUDENT ACTIVITY

Zeynalova G.S., Yusubova D.V., Mammadova A.T.

Summary

Since chemistry studies the composition, structure, properties and transformations of substances, practical activity is of particular importance in its teaching. Many chemical concepts are mastered more deeply not only through verbal explanation, but also through observation and experimentation. Phenomena such as color change, formation of a precipitate, gas evolution, thermal effect, and the acidic or basic nature of a solution allow the

student to see the chemical process vividly.

TEXNİKİ NEFT TURŞUSU VƏ ETİLENDİAMİN ƏSASINDA SİNTEZ OLUNMUŞ AMİDLƏRİN MÜXTƏLİF METAL DUZLARI İLƏ KOMPOİSİYASININ DİZEL YANACAĞINDA ANTİSTATIK TƏSİRİ

Təmrazlı T.T., Abbasov V. M., Həsənov E.K., Əhmədbəyova S.F.
Y.H..Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu
elgun.hasanzade02@gmail.com

Açar sözlər: *T*exniki neft turşusu ,dizel yanacağı, aşqar, neft, antistatik aşqar, fraksiya
Keywords: Technical petroleum acid, diesel fuel, additive, petroleum, antistatic additive, fraction.
Ключевые слова: Техническая нефтяная кислота, дизельное топливо, присадка, нефть, антистатическая присадка, фракция.

Giriş

Neft və neft məhsullarının statik elektrik yükləri ilə yüklənməsi yalnız partlayış və yanğın təhlükəsinin artmasına səbəb olmur, həm də bir sıra texnoloji əməliyyatların səmərəliliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Bu problemin aradan qaldırılması məqsədilə sadə profilaktik tədbirlərdən tutmuş mürəkkəb aktiv qurğulara və inteqrasiya olunmuş texniki həllərə qədər müxtəlif metod və vasitələr işlənib hazırlanmış və istehsalatda tətbiq edilmişdir.

Maye dielektriklərin elektrikləşməsinin mənfi təsirlərinin azaldılması üçün istifadə olunan üsullar arasında ən geniş yayılmış və texniki baxımdan sadə tədbirlərdən biri torpaqlama sistemidir. Torpaqlama əsasən statik elektrik yüklərinin toplanmasının və nəticədə baş verə biləcək xarici elektrik boşalmalarının qarşısının alınmasına xidmət edir və sənaye obyektlərində təhlükəsizliyin təmin edilməsində mühüm rol oynayır [1, 2, 3].

Yanacaqların istismar xüsusiyyətlərinin kompleks şəkildə yaxşılaşdırılması məqsədilə aşqarlar adətən ayrı-ayrılıqda deyil, çoxkomponentli paketlər şəklində tətbiq edilir. Bununla belə, belə paketlərin formalaşdırılması zamanı mühüm problemlərdən biri müxtəlif aşqar komponentləri arasında qarşılıqlı təsirin xarakterinin nəzərə alınmasıdır. Bəzi hallarda aşqarlar arasında antaqonist təsir müşahidə olunur ki, bu da onların funksional effektivliyinin azalmasına və ya tamamilə itirilməsinə səbəb ola bilər. Buna görə də aşqar paketlərinin hazırlanması prosesində komponentlərin qarşılıqlı təsiri əvvəlcədən eksperimental üsullarla tədqiq edilməli və optimal uyğunluq təmin edilməlidir.

Yanacağın nəqli, saxlanması və xüsusilə yüksək sürətlə rezervuarlara doldurulması zamanı elektrokinetik proseslərin təsiri nəticəsində statik elektrik yükləri əmələ gəlir. Yanacaqların aşağı elektrik keçiriciliyinə malik olması səbəbindən yaranan yüklərin sürətli neytrallaşması mümkün olmur və bu da təhlükəli elektrostatik potensialın toplanmasına şərait yaradır.

Belə şəraitdə metal səth ilə yanacaq fazasının sərhədində ikiqat elektrik təbəqəsi formalaşır. Yüklərin yığılması nəticəsində elektrostatik boşalma ehtimalı artır ki, bu da yanğın və partlayış təhlükəsinin yaranmasına səbəb ola bilər. Problemin həlli məqsədilə yanacağın elektrik keçiriciliyinin süni şəkildə artırılması geniş tətbiq olunan üsullardan biridir. Bu məqsədlə əsasən metalüzvi birləşmələr əsasında hazırlanmış antistatik aşqarlardan istifadə edilir. Belə birləşmələrə nümunə olaraq dialkilsalisil turşusunun xrom duzunu göstərmək olar.

Tədqiqatlar göstərir ki, qeyd olunan aşqarın cəmi 0,00006 % miqdarında yanacağa əlavə edilməsi onun elektrik keçiriciliyini 0,2–20 pS/m intervalından 100–200 pS/m səviyyəsinə qədər artırır. Bu göstərici təhlükəsiz istismar üçün tələb olunan həddi hesab edilir. Antistatik aşqarların əsas funksiyası statik elektrik yüklərinin effektiv şəkildə yayılmasını təmin etmək, elektrostatik boşalmaların qarşısını almaq və bununla da yanacağın nəqli və saxlanması zamanı partlayış-yanğın risklərini minimuma endirməkdən ibarətdir.

Müasir sənayedə geniş tətbiq olunan antistatik aşqarlara Shell ASA-3, Sigbol, ACP-3 və digər analoji məhsullar aid edilir [5,6,7].

Yanacaq üçün aşqarların seçilməsi prosesində onun karbohidrogen tərkibinin xüsusiyyətləri mühüm amillərdən biri hesab olunur. Aşqarların effektivliyi bir çox hallarda yanacağın kimyəvi tərkibindən asılı olduğundan, onların tətbiqi zamanı yanacağın komponent tərkibi nəzərə alınmalıdır. Məsələn, benzinlərin tərkibində aromatik karbohidrogenlərin (arenlərin) miqdarı az olduqda, antidetonasiya xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılması məqsədilə istifadə edilən metal tərkibli aşqarların təsir səmərəliliyi daha yüksək olur. Bu hal yanacağın oktan ədədinin artırılmasında və detonasiya meylinin azaldılmasında mühüm rol oynayır.

Eyni zamanda, kristallaşma əleyhinə aşqarların tətbiqi zamanı yanacaq mühitində suyun mövcudluğu nəzərə alınmalıdır. Hətta cüzi miqdarda suyun olması belə aşqarın funksional xüsusiyyətlərinə mənfi təsir göstərə bilər. Bunun əsas səbəbi aşqarın müəyyən hissəsinin suda həll olması və nəticədə onun yanacaq mühitində effektiv konsentrasiyasının

azalmasıdır. Nəticədə kristallaşmaya qarşı qoruyucu təsir zəifləyir və aşqarın funksional səmərəliliyi aşağı düşür [4].

Nəticələr və onların müzakirəsi

Tədqiqat işində təbii neft turşusunun etilendiaminlə 1:1 mol nisbətində qarşılıqlı təsiri nəticəsində amid sintez edilmiş və əldə olunan məhsulun təbii neft turşusunun müxtəlif metal duzları ilə kompozisiyaları hazırlanmışdır. Hazırlanmış kompozisiyalar antistatik aşqar qismində dizel yanacağına əlavə edilərək onların elektrik keçiriciliyinə təsiri öyrənilmişdir. Aparılmış tədqiqatların nəticələri cədvəl 1-də verilmişdir.

Tədqiqatda dizel distillatına antistatik aşqarların təsiri öyrənilmiş və elektrik keçiriciliyi ЭЛ-4М cihazı vasitəsilə ГОСТ 25950-83 və ГОСТ 33461-2015 standartlarına uyğun olaraq yoxlanılmışdır.

Cədvəl 1

Təbii neft turşusu və etilendiamin əsasında alınmış amid–metal duzu kompozisiyalarının dizel distillatının elektrik keçiriciliyi göstəricilərinə təsiri

Nümunələrin adları	Reagentlərin qatılığı, %-lə	Elektrik keçiriciliyi, Psm/m				
		1-gündən Sonra	10-gündən sonra	20-gündən sonra	30-gündən sonra	40-gündən sonra
Təbii neft turşusu: etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Ni duzu	0,05 0,1 0,15	510 620 675	512 621 677	512 621 677	514 624 679	514 624 679
Təbii neft turşusu: etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Co duzu	0,05 0,1 0,15	1020 1082 1115	1021 1082 1115	1021 1084 1117	1023 1085 1119	1023 1085 1120
Təbii neft turşusu: etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Zn duzu	0,05 0,1 0,15	1001 1055 1101	1005 1057 1104	1005 1057 1104	1006 1058 1105	1006 1058 1105
Təbii neft turşusu:PEPA amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Mn duzu	0,05 0,1 0,15	1270 1295 1340	1271 1296 1341	1271 1296 1341	1273 1298 1344	1273 1299 1344
Təbii neft turşusu: etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Fe duzu	0,05 0,1 0,15	1485 1510 1570	1485 1510 1572	1487 1513 1572	1487 1515 1575	1487 1515 1575

Nəticələrin təhlili göstərir ki, sintez olunmuş amidin təbii neft turşusunun dəmir (Fe) duzu ilə əmələ gətirdiyi kompozisiya digər metal duzları əsasında hazırlanmış analoji kompozisiyalarla müqayisədə daha yüksək antistatik effekt nümayiş etdirmişdir. Belə ki, qeyd olunan aşqarın dizel yanacağına 0,15 % miqdarında əlavə edilməsi zamanı 40 günlük saxlanma müddətindən sonra yanacağın elektrik keçiriciliyi 1575 pS/m səviyyəsinə çatmışdır. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, Fe-duzlu kompozisiya dizel yanacağında elektrostatik

yüklərin yayılmasını əhəmiyyətli dərəcədə sürətləndirərək onun antistatik xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılmasında yüksək effektivliyə malikdir.

Sintez olunmuş amidin təbii neft turşusunun 200–280°C fraksiyası əsasında alınmış müxtəlif metal duzları ilə kompozisiyaları hazırlanaraq dizel yanacağına 0,05; 0,10 və 0,15 % konsentrasiyalarda əlavə edilmiş, onların dizel yanacağının elektrik keçiriciliyinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələri cədvəl 2-də verimişdir.

Alınmış nəticələrin müqayisəli təhlili göstərmişdir ki, tədqiq olunan kompozisiyalar arasında sintez olunmuş amidin təbii neft turşusunun 200–280°C fraksiyasından alınmış dəmir (Fe) duzu ilə əmələ gətirdiyi kompozisiya daha yüksək antistatik effektivlik nümayiş etdirmişdir. Bu kompozisiyanın dizel yanacağına əlavə edilməsi zamanı elektrik keçiriciliyinin digər metal duzları əsasında hazırlanmış analoji kompozisiyalarla müqayisədə daha yüksək qiymətlər aldığı müəyyən edilmişdir. Bu isə Fe tərkibli kompozisiyanın elektrostatik yüklərin dissipasiyasını daha effektiv təmin etdiyini və dizel yanacağının antistatik xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılmasında daha perspektivli aşqar olduğunu göstərir.

Cədvəl 2.

Təbii neft turşusunun 200–280°C fraksiyası əsasında sintez olunmuş metal duzları ilə amid kompozisiyalarının dizel distillatının elektrik keçiriciliyi göstəricilərinə təsiri

Nümunələrin adları	Həlledicilərin qatılığı, %-lə	Elektrik keçiriciliyi, Psm/m				
		1-gündən Sonra	10-gündən sonra	20-gündən sonra	30-gündən sonra	40-gündən sonra
Təbii neft turşusunun 200-280ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Ni duzu	0,05 0,1 0,15	470 497 675	472 497 525	472 499 527	475 500 530	475 500 530
Təbii neft turşusunun 200-280ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Co duzu	0,05 0,1 0,15	965 1052 1092	965 1055 1092	967 1058 1094	967 1058 1094	969 1059 1095
Təbii neft turşusunun 200-280ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Zn duzu	0,05 0,1 0,15	1005 1065 1112	1008 1065 1114	1008 1067 1114	1010 1068 1117	1010 1068 1118
Təbii neft turşusunun 200-280ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Mn duzu	0,05 0,1 0,15	1170 1210 1284	1171 1212 1284	1173 1212 1285	1173 1215 1287	1175 1215 1287

Bundan əlavə, sintez olunmuş amidin təbii neft turşusunun 280–340°C və 340–410°C temperatur intervalında ayrılmış fraksiyaları əsasında alınmış metal duzları ilə kompozisiyaları hazırlanmış və onların antistatik aşqar kimi dizel yanacağının elektrik

keçiriciliyinə təsiri tədqiq edilmişdir. Müxtəlif konsentrasiyalarda dizel yanacağına əlavə edilən kompozisiyaların elektrik keçiriciliyi göstəriciləri müəyyən edilmiş, əldə olunan nəticələr müvafiq olaraq cədvəl 3 və cədvəl 4-də verilmişdir.

Aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələri göstərmişdir ki, təbii neft turşusunun 280–340°C və 340–410°C fraksiyalarından sintez olunmuş Ni, Co, Zn, Mn və Fe metal duzlarının sintez edilmiş amid ilə əmələ gətirdiyi kompozisiyalar antistatik aşqar kimi fərqli effektivlik nümayiş etdirir. Nəticələrin müqayisəli təhlili əsasında müəyyən edilmişdir ki, ən yüksək antistatik təsir 340–410°C fraksiyası əsasında hazırlanmış kompozisiyalar üçün müşahidə olunmuşdur. Bu kompozisiyaların dizel yanacağının elektrik keçiriciliyini daha əhəmiyyətli dərəcədə artırdığı müəyyən edilmiş və onların elektrostatik yüklərin dissipasiyasında daha yüksək effektivliyə malik olduğu qənaətinə gəlinmişdir.

Cədvəl 3.

Təbii neft turşusunun 280–340°C fraksiyası əsasında sintez olunmuş metal duzları ilə amid kompozisiyalarının dizel distillatının elektrik keçiriciliyi göstəricilərinə təsiri

Nümunələrin adları	Reagentlərin qatılığı, %-lə	Elektrik keçiriciliyi, Psm/m				
		1-gündən Sonra	10-gündən sonra	20-gündən sonra	30-gündən sonra	40-gündən sonra
Təbii neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Ni duzu	0,05 0,1 0,15	730 840 895	732 841 895	732 841 897	735 843 897	735 845 900
Təbii neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Co duzu	0,05 0,1 0,15	1090 1137 1180	1090 1137 1180	1092 1138 1184	1094 1138 1184	1095 1139 1185
Təbii neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Zn duzu	0,05 0,1 0,15	1030 1092 1135	1033 1095 1137	1033 1095 1137	1035 1097 1139	1035 1097 1140
Təbii neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Mn duzu	0,05 0,1 0,15	1180 1220 1280	1180 1221 1282	1182 1222 1282	1184 1225 1285	1185 1225 1285
Təbii neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Fe duzu	0,05 0,1 0,15	730 840 895	732 841 895	732 841 897	735 843 897	735 845 900

Cədvəl 4

Təbii neft turşusunun 200–280°C fraksiyası əsasında sintez olunmuş metal duzları ilə amid kompozisiyalarının dizel distillatının elektrik keçiriciliyi göstəricilərinə təsiri

Nümunələrin adları	Reagentlərin qatılığı, %-lə	Elektrik keçiriciliyi, Psm/m				
		1-gündən Sonra	10-gündən sonra	20-gündən sonra	30-gündən sonra	40-gündən sonra
Təbii neft turşusunun 340-410ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Ni duzu	0,05 0,1 0,15	820 970 1072	822 970 1074	822 972 1074	824 974 1075	825 974 1075
Təbii neft turşusunun 340-410ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Co duzu	0,05 0,1 0,15	1270 1365 1495	1272 1367 1497	1272 1367 1497	1277 1368 1500	1277 1368 1500
Təbii neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Zn duzu	0,05 0,1 0,15	1030 1092 1135	1033 1095 1137	1033 1095 1137	1035 1097 1139	1035 1097 1140
Təbii neft turşusunun 340-410ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Mn duzu	0,05 0,1 0,15	1430 1510 1670	1433 1512 1672	1435 1514 1672	1437 1516 1674	1437 1516 1674
Təbii neft turşusunun 340-410ºC fraksiyası : etilendiaminin amidi 1:1 mol nisbətində + təbii neft turşusunun Fe duzu	0,05 0,1 0,15	1612 1790 1885	1612 1792 1887	1613 1792 1890	1615 1792 1890	1615 1795 1892

Əldə olunan nəticələr göstərir ki, kompozisiyaların antistatik effektivliyi təbii neft turşusunun fraksiya tərkibindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Müşahidə edilən yüksək antistatik təsir, ilk növbədə, yüksək temperatur intervalında ayrılmış fraksiyaların kimyəvi quruluş xüsusiyyətləri ilə əlaqələndirilə bilər. Belə ki, 340–410°C qaynama intervalına malik fraksiya daha yüksək molekul kütləli, uzun karbon zəncirli və polyar xarakterli birləşmələrlə zəngin olduğundan, onun əsasında sintez olunmuş metal duzları daha yüksək səthi aktivlik və elektrik keçiriciliyi xüsusiyyətləri nümayiş etdirir. Bu xüsusiyyətlər amid komponenti ilə birlikdə yağ mühitində daha dayanıqlı strukturun formalaşmasına şərait yaradır və elektrostatik yüklərin toplanmasının qarşısının alınmasında mühüm rol oynayır.

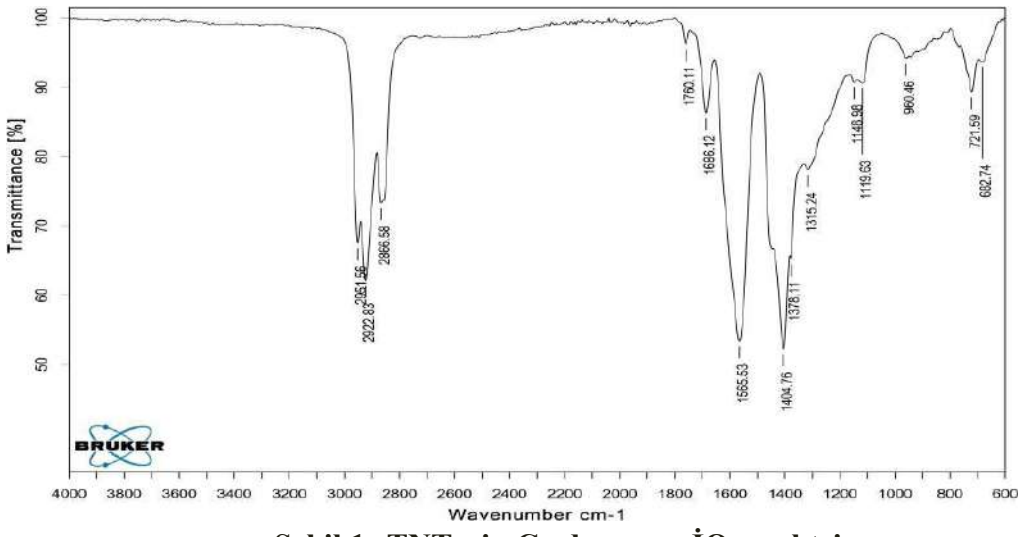
Bunun əksinə olaraq, 200–280°C və 280–340°C temperatur intervallarında ayrılmış fraksiyalar əsasında hazırlanmış kompozisiyalarda antistatik təsirin nisbətən zəif olması həmin fraksiyaların tərkibində aşağı molekullu karbohidrogenlərin üstünlük təşkil etməsi ilə izah edilə bilər. Bu fraksiyalarda polyar komponentlərin miqdarının və

kompleksəmələgətirmə qabiliyyətinin daha aşağı olması metal ionları ilə amid molekulları arasında qarşılıqlı təsirin intensivliyini məhdudlaşdırır ki, bu da nəticə etibarilə kompozisiyaların antistatik xüsusiyyətlərinin azalmasına səbəb olur.

Metal duzlarının müqayisəli qiymətləndirilməsi göstərmişdir ki, tədqiq olunan Ni, Co, Zn, Mn və Fe duzları arasında ən yüksək antistatik effekt 340–410°C fraksiyası əsasında sintez olunmuş dəmir (Fe) duzu tərkibli kompozisiyada müşahidə edilmişdir. Bu hal Fe ionlarının koordinasiya əlaqələri yaratmaq qabiliyyəti və müxtəlif oksidləşmə dərəcələrində mövcud ola bilməsi ilə izah olunur. Fe^{2+} və Fe^{3+} ionlarının amid molekullarının funksional qrupları ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində daha dayanıqlı kompleks birləşmələr əmələ gəlir ki, bu da sistemin ion keçiriciliyinin yüksəlməsinə və elektrostatik yüklərin daha sürətli dissipasiyasına şərait yaradır. Eyni zamanda, Fe tərkibli kompozisiyanın yüksək dispersiya qabiliyyəti onun yağ mühitində homogen paylanmasını təmin edir və antistatik təsirin uzunmüddətli sabitliyini artırır.

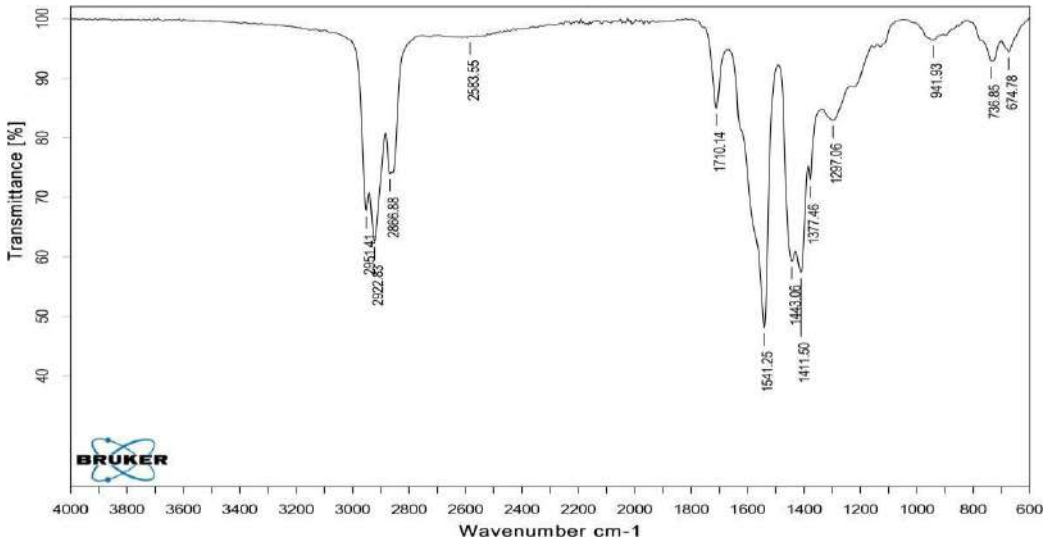
Beləliklə, aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələri göstərir ki, təbii neft turşusunun 340–410°C temperatur intervalında ayrılmış fraksiyası yüksək effektiv antistatik aşqarların alınması üçün daha perspektivli xammal hesab edilə bilər. Xüsusilə bu fraksiya əsasında sintez olunmuş dəmir duzu–amid kompozisiyası yüksək antistatik göstəricilər nümayiş etdirdiyindən, neft məhsulları və sürtkü materiallarının istismarı zamanı elektrostatik yüklənmənin azaldılması məqsədilə tətbiqi baxımından daha əlverişli hesab oluna bilər.

Sintez olunmuş metal duzlarının İQ spektroskopiyası İQ spektri FT-IR Furye ALPHA (BRUKER firması, Almaniya) spektrofotometrində 600-4000 sm^{-1} dalğa uzunluğunda çəkilmişdir. Təbii neft turşusunun Co duzunun İQ- spektri şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. TNT-nin Co duzunun İQ- spektri.

Analiz olunan nümunənin İQ- spektrində aşağıdakı dalğa uzunluğunda udulmalar müşahidə olunmuşdur: $-CH_3$ və $-CH_2-$ qruplarındakı C–H əlaqəsinin deformasiya (721, 1378 sm^{-1}) və valent (2866, 2922, 2951 sm^{-1}) rəqsləri; COO^- qrupunun valent (1404, 1565 sm^{-1}) rəqsləri.

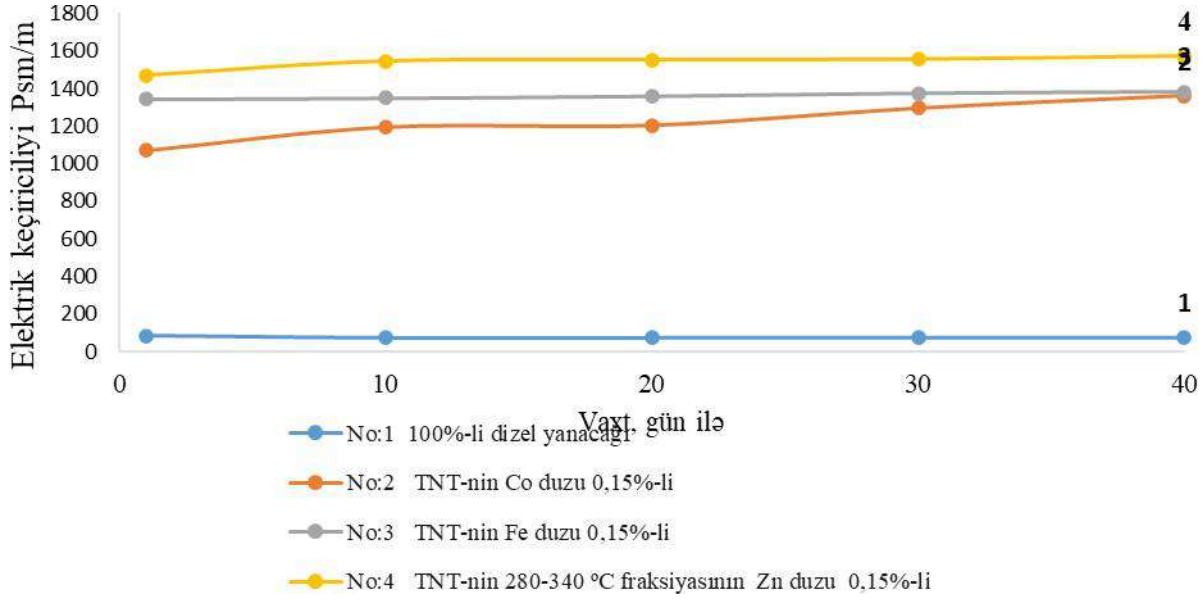


Şəkil 2. TNT-nin Zn duzunun İQ- spektri.

-CH_3 və -CH_2- qruplarındakı C–H əlaqəsinin deformasiya (1378 sm^{-1}) və valent (2866, 2922, 2951 sm^{-1}) rəqsləri; COO^- qrupunun valent (1411, 1541 sm^{-1}) rəqsləri. Göründüyü kimi naften turşularının sintez olunmuş duzlarının molekulyar tərkibi İQ- spektrləri vasitəsilə təsdiq olunmşdur.

Belə ki, 280–340°C fraksiyası — neft turşularının orta molekul kütləli hissəsini əhatə edir. Bu fraksiya çox vaxt C_{14}–C_{18} aralığında olan yağ turşularını (məsələn, miristik, palmitik, stearin və s.) və onların oksidləşmiş törəmələrini özündə cəmləşdirir. Ümumi fraksiya isə həm yüngül (aşağı molekul kütləli, C_{10} və az) həm də ağır (C_{20} və yuxarı) komponentlərdən ibarətdir.

Odur ki, orta molekul kütləli turşular əsasında sintez olunmuş duzların kristal quruluşu daha nizami, ionlararası məsafə daha sabit olur. Bu, ionların hərəkətini asanlaşdırır və elektrtik keçiriciliyi artır.



Şəkil 1. Texniki neft turşusu və onun fraksiyası əsasında sintez olunmuş Co və Ni duzlarının 0,15% qatılıqlarda dizel yanacağına əlavə olunması ilə dizelin elejktrik keçiriciliyin nəticələrinin qrafiki.

Şəkil 3-dən göründüyü kimi dizel yanacağının aşqarsız elektrik keciriciliyi 77 Psm/m olduğu halda, texniki neft turşusunun 280-340ºC fraksiyası əsasında sintez olunmuş Fe duzunun antistatik aşqar kimi 0,15% miqdarında dizel yanacağına əlavəsində isə 40 gün müddətdən sonra 1572 Psm/m -ə qədər dəyişmişdir (şəkil-1, №4).

Aparılan tədqiqatlara əsaslanaraq onu söyləmək olar ki, TNT-nin 280-340ºC fraksiyası əsasında sintez olunmuş metal duzlarını (Co və Fe) antistatik aşqar kimi istifadə etmək daha məqsədəuyğun hesab edilir.

Nəticələr

TNT-nin müxtəlif metal duzları (Ni, Co, Zn, Mn vı Fe) sintez olunmuş və 0.05, 0.1 və 0.15% miqdarında antistatik aşqar kimi dizel yanacağına əlavə olunmaqla dizel yanacağının elektrik keçiriciliyi yoxlanılmışdır. TNT-nin Co və Fe duzlarının dizel yanacağında antistatik aşqar kimi elektrik keçiriciliyi aşqarın 0.05% miqdarında əlavəsində 40 gün müddətdən sonra, 870, 1260 Psm/m, 0.1 miqdarında əlavəsindən sonra 1255, 1290 Psm/m, 0.15% miqdarında əlavəsindən sonra isə 1360, 1382 Psm/m olmuşdur.

TNT-nin 280-340ºC fraksiyası əsasında müxtəlif metal duzları sintez olunmuş bu metal duzlarının ilə kompozisiyası 0.05, 0.1 və 0.15% miqdarında antistatik aşqar kimi dizel yanacağına əlavə olunmaqla dizel yanacağının elektrik keçiriciliyi yoxlanılmışdır.TNT-nin fraksiyası əsasında sintez olunmuş Co və Fe duzlarının dizel yanacağında elektrik keçiriciliyi aşqarın 0.05% miqdarında əlavəsində 40 gün müddətdən sonra 926, 1447 Psm/m, 0.1 miqdarında əlavəsindən sonra 1275, 1455 Psm/m, 0.15% miqdarında əlavəsindən sonra isə 1377 və 1572 Psm/m olmuşdur.

Ədəbiyyat

1. Путко, А.Э., Кицис, С.И. /Физические основы явления электризации нефти в нефтепромысловых трубах. Материалы междун.науч.-техн. конфр, посвященной 40-летию / Тюменского нефтегазового университета Тюмень: ТюмГНГУ, – 2003, Т.2, с.91-92.

2. Абдуллаева, Н. Р,, Исмаилов, Т. А., Мамедова, Т. А., Магеррамов, Р. С., Велиев, Х. Р., Аббасов, В. М. /Синтез и исследование антистатических присадок к дизельным топливам на основе нефтяных кислот/ “ Процессы нефтехимии и нефтепереработки”, – 2011, Том 12, №3 (47), с.168-177.

3. Влияние оксиэфиров синтетических нефтяных кислот на электропроводность углеводородных жидкостей /В.М.Аббасов, Л.Г.Нуриев, С.А.Мамедханова, Н.Р.Абдуллаева, Т.А.Исмаилов //Мир нефтепродуктов.– 2013.– №10. – С.20-22.

4. V.M.Abbasov, Kh.R.Vəliyev, Kh.H.Kəsəmənli /Neft turşularının imidazolinlərinin dizel yanacağına aşqar kimi tətbiqi / Gənc alimlərin əsərləri. – 2015. – №11. – s.17-24.

5. Спиркин , В.Г. Химмотология топлив: Уч. Пособие/ Под ред. И.Г. Фукса. – М.: ГУП Изд. «Нефт и газ» РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, – 2002.−с.181.

6. Получение метиловых эфиров хлопкового, подсолнечного растительных масел и использование их в качестве ресурсосберегающей добавки к дизельным топливам /В.М.Аббасов, Т.А.Мамедова, Э.Н.Аскерова, З.М.Алиева, А.А.Намазов, З.С.Ханбутаева, Х.А.Исаева //Тезисы докладов XXIX Научно-технической конференции

«Химические реактивы, реагенты, процессы малотоннажной химии»: 28 сентября-1 октября . –Новосибирск, 2015. – С.56.

7. Dizel yanacağının elektrik keçiriciliyini artıran texniki neft turşularının Cr, Pb, Cu və Co duzlarının sintezi /V.M.Abbasov, V.A.Kərimov, E.K.Həsənov //Akademik B.Q.Zeynalovun 100 illik yubileyinə həsr olunmuş "Neft-kimya sintezi və mürəkkəb kondensləşmiş sistemlərdə kataliz" mövzusunda Beynəlxalq elmi-texniki konfransın məruzələrinin tezisləri: 29-30 iyun 2017. – Bakı, 2017.– S.48.

8. Емельянов, В.Е. Антидетонационные свойства ферроцена в бензинах различного компонентного состава// Нефтепереработка и нефтехимия.−2001.−№12.−С.8-12.

9. Bitki mənşəli turşular əsasında aminospirtlərin sintezi və dizel yanacaqlarına aşqar kimi tətbiqi /V.M.Abbasov, N.Ş.Rzayeva, A.H.Talıbov, S.Z.Əhmədova, S.A.Suleymanova, N.N.Babanlı, A.A.Məhizadə // Professor S.Ə.Sultanovun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş "Yanacaqlar, yanacaq komponentləri, xüsusi təyinatlı mayelər, yağlar və aşqarlar" adlı Respublika elmi-texniki konfransın materialları: 3 oktyabr 2017. – Bakı, 2017. S.34.

10. Bitki yağları turşularının aminoetilimidazolinlərinin dizel yanacaqlarının antistatik xassəsini artıran aşqar kimi tətbiqi /V.M.Abbasov, T.A.Məmmədova, X.H.Kəsəmənli //Материалы IX Бакинской Международной Мамедалиевской конференции по нефтехимии: 4-5 октября 2016. – Баку, 2016. – S.215.

11. Абдуллаева Н.Р., Аббасов В.М., Исмаилов Т.А. Синтез оксиэфиров, полученных взаимодействием природных нефтяных кислот с оксидом пропилена и исследование их антистатических свойств в композиции с дизельным топливом. Химические проблемы, 2009, № 3, с.551-553.

12. Azərb.Patenti № İ 2013 0056, 2013. M.A.Məmmədyarov, F.X.Əliyeva, Heksenilkəhrəba turşusunun monodietilamidinin efirlərinin sintezi və korroziya inhibitoru kimi tədqiqi.

13. V.M.Abbasov, F.X.Əliyeva, G.F.Məmmədova, D.B.Ağamalıyeva, S.F.Cabbarlı, L.N. Hüseynov. Моноамиды малоновой кислоты как эффективные бактерицид-ингибиторы/ Журнал Практика Противокоррозионной Защиты.023. Т.28, №2, с. 22-27.

14. Yağ turşularının imidazolinlərinin sintezi və dizel yanacağına aş¬qar kimi tətbiqi /V.M.Abbasov, T.A.Məm¬mədova, X.N.Kəsəmənli, X.R.Vəliyev //Azər¬bay¬can kimya jurnalı. – 2014. – №2.– S.21-25.

15. Neft turşularının imidazolinlərinin dizel yanacağına aşqar kimi tətbiqi /V.M.Abbasov, Kh.R.Vəliyev, Kh.H.Kəsəmənli //Gənc alimlərin əsərləri. – 2015. – №11. – S.17-24.

16. Bitki yağları turşularının alkil efirləri dizel yana¬caqları üçün çoxfunksiyalı əlavələr kimi /T.A.Məmmədova, E.N.Əskərova, X.N.Kəsəmənli, V.M.Abbasov //AMEA Gəncə regional elmi mərkəzin xəbərləri. – 2019. – №1(78). – S.52-57.

ANTISTATIC EFFECT ON DIESEL FUEL OF A COMPOSITION OF VARIOUS METAL SALTS OF AMIDES SYNTHESIZED BASED ON TECHNICAL PETROLEUM ACID AND ETHYLENEDIAMINE

Tamrazli T.T., Abbasov V. M., Hasanov E.K., Ahmadbeyova S.F

Abstract

Amides synthesized from natural petroleum acid and ethylenediamine at a 1:1 molar ratio were added to diesel fuel as antistatic additives at different concentrations (0.05, 0.1, and 0.15%), and the electrical conductivity of the diesel fuel was subsequently evaluated.

In addition, compositions consisting of the amide synthesized from natural petroleum acid and ethylenediamine (1:1 molar ratio) and various metal salts (Ni, Co, Zn, Mn, and Fe) prepared from the 200–280, 280–340, and 340–410 °C fractions of natural petroleum acid were investigated as antistatic additives. These compositions were introduced into diesel fuel at concentrations of 0.05, 0.1, and 0.15%, and their effects on electrical conductivity were studied.

The electrical conductivity of untreated diesel fuel (without antistatic additive) was measured at 85 pS/m after 1 day and decreased to 77 pS/m after 10, 20, and 30 days.

The results demonstrated that cobalt and manganese salts exhibited higher antistatic efficiency than the other investigated metal salts. When added to diesel fuel at a concentration of 0.15%, the electrical conductivity values after 1, 10, 20, and 30 days reached 1072, 1195, 1205, 1295, and 1360 pS/m, respectively, for the cobalt salt, and 1345, 1357, 1360, 1375, and 1382 pS/m, respectively, for the manganese salt.

Furthermore, metal salts synthesized from the 280–340 °C fraction of natural petroleum acid showed even greater antistatic performance. In particular, the addition of 0.15% iron salt synthesized from the 280–340 °C fraction increased the electrical conductivity of diesel fuel to 1470, 1545, 1552, 1555, and 1572 pS/m after 1, 10, 20, and 30 days, respectively.

АНТИСТАТИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО КОМПОЗИЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СОЛЕЙ МЕТАЛЛОВ АМИДОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ НЕФТЯНОЙ КИСЛОТЫ И ЭТИЛЕНДИАМИНА

Тамразли Т.Т., Аббасов В.М., Гасанов Э.К., Ахмадбекова С.Ф.

Резюме

Амиды, синтезированные на основе природной нефтяной кислоты и этилендиамина в мольном соотношении 1:1, были введены в дизельное топливо в качестве антистатической присадки в различных концентрациях (0,05; 0,1 и 0,15 %), после чего была исследована электропроводность дизельного топлива.

Также были исследованы композиции амидов, синтезированных при взаимодействии природной нефтяной кислоты с этилендиамином в мольном соотношении 1:1, с различными солями металлов (Ni, Co, Zn, Mn и Fe), полученными на основе фракций природной нефтяной кислоты 200–280, 280–340 и 340–410 °C. Эти композиции вводились в дизельное топливо в качестве антистатических присадок в концентрациях 0,05; 0,1 и 0,15 %, после чего определялась его электропроводность.

Электропроводность дизельного топлива без присадки (без антистатической добавки) через 1 день составила 85 п См/м. Через 10, 20 и 30 суток данный показатель снизился до 77 п См/м.

Установлено, что соли кобальта и марганца технической нефтяной кислоты обладают более высокой антистатической эффективностью по сравнению с другими исследованными солями металлов. При введении данных присадок в количестве 0,15 %

электропроводность дизельного топлива через 1, 10, 20 и 30 суток составила соответственно 1072, 1195, 1205, 1295 и 1360 п См/м для соли кобальта, а также 1345, 1357, 1360, 1375 и 1382 пСм/м для соли марганца.

Кроме того, установлено, что композиции солей металлов, синтезированных на основе фракции технической нефтяной кислоты 280–340 °C, обеспечивают ещё более высокую антистатическую эффективность. Так, при добавлении в дизельное топливо 0,15 % железной соли, синтезированной на основе фракции 280–340 °C, электропроводность топлива через 1, 10, 20 и 30 суток составила соответственно 1470, 1545, 1552, 1555 и 1572 п См/м.

TEXNİKİ NEFT TURŞUSU VƏ ETİLENDİAMİN ƏSASINDA SİNTEZ OLUNMUŞ AMİDLƏRİN MÜXTƏLİF METAL DUZLARI İLƏ KOMPOİSİYASININ DİZEL YANACAĞINDA ANTİSTATIK TƏSİRİ

Təmrazlı T.T., Abbasov V.M., Həsənov E.K., Axmadbekova S.F.

Xülasə

Təbii neft turşusunun etilendiaminlə 1:1 mol nisbətində sintez edilmiş amidləri dizel yanacağına antistatik aşqar kimi müxtəlif faiz nisbətlərində (0.05, 0.1 və 0.15%) əlavə edilərək dizel yanacağının elektrik keşiriciliyi yoxlanılmışdır.

Təbii neft turşusunun etilendiaminlə 1:1 mol nisbətində qarşılıqlı təsiri nəticəsində sintez edilmiş amidi və təbii neft turşusunun 200-280; 280-340 və 340-410ºC fraksiyaları əsasında sintez olunmuş müxtəlif metal (Ni, Co, Zn, Mn və Fe) duzlarının kompozisiyası dizel yanacağına antistatik aşqar kimi müxtəlif faiz nisbətlərində (0.05, 0.1 və 0.15%) əlavə edilərək dizel yanacağının elektrik keşiriciliyi yoxlanılmışdır.

Dizel yanacağının aşqarsız (yəni antistatik qatqı əlavə edilməmiş) vəziyyətdəki elektrik keçiriciliyi 1 gün sonra**,** 85 Psm/m olaraq ölçülüb. Daha sonra, 10, 20 və 30 gün keçdikdə, elektrik keçiriciliyi 77 Psm/m**-ə** düşmüşdür.

TNT-nin Co və Mn duzları antistatik aşqar kimi digər metal duzlarınə nəzərən daha effektli təsirə malikdir. Belə ki, bu aşqarların 0,15% miqdarında dizel yanacağına qatqı kimi əlavəsində dizelin elektrik keçiriciliyi 1, 10, 20 və 30 gün müddətdən sonra ardıcıl olaraq 1072, 1195, 1205, 1295, 1360 Psm/m və 1345, 1357, 1360 1375 və 1382 Psm/m olmuşdur (cədvəl 1).

Bundan əlavə göründüyü TNT-nin 280-340ºC fraksiyası əsasında sintez olunmuş metal duzlarının antistatik aşqar kimi 0,15% miqdarında dizel yanacağına əlavə etdikdə dizelin elektrik keciriciliyi daha da artmışdır. Belə ki, TNT-nin 280-340ºC fraksiyası əsasında sintez olunmuş Fe duznun 0,15% miqdarında dizel yanacağına əlavəsində onun elektrik keciriciliyi (cədvəl-2, düm-10.) 1, 10, 20 və 30 gün müddətdən sonra ardıcıl olaraq 1470, 1545, 1552, 1555, 1572 Psm/m olmuşdur.