ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

MUNDARIJA

1	Flotatsion kaliy xlorid keki asosida oq kristall kaliy xlorid olish jarayoni tadqiqoti *Erkaev Aktam Ulashevich* *Adilova Mohira Shavkatovna* *Xolmurotov Shamsitdin Maxmanovich* *Mavlyanov Muxiddin Baxriddin o'g'li* *Mamarizoeva Feruza Qahramon qizi* *Mo'minov Sherdor Toshmurod o'g'li*	9
2	Aholi orasida vitamin va minerallar yetishmaslik holati xavf guruhlari. *Saidova Firuza Salomovna* *Saidmurodova Nigina Komil qizi*	15
3	Methods for the synthesis of hypoxanthine based on low-cost raw materials *Bozorov Jasur* *Pirniyazova Gulsanem* *Saitkulov Foziljon Ergashevich* *Mirvaliyev Zoid*	23
4	Development of a laboratory installation for syngas production from ethanol via catalytic reforming *H.Sh. Dadamirzaev* *Sh.B. Obidov* *H.N. Rakhimov* *E.E. Mashaev*	34
5	Development of a synonym dictionary for artificial intelligence-based translation models from the khorezm dialect into standard uzbek *Maksud Sharipov* *Kurbanova Lola Ulug'bek qizi* *Atanazarova Madina*	49
6	Alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan polietilenning fizik-mexanik xossalarini tadqiq qilish *Buvaraimov Ziyodullo Karimjon o'g'li* *Berdiev Sanjar Allanazarovich* *Voxidov Erkinjon Alievich* *Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich*	66
7	Pepa bilan qotirilgan epoksi murakkab efirning fizik kimyoviy tahlili. *Xusanov Sultonbek Yusup o'g'li* *Muhiddinov Baxodir Faxriddinovich* *Xamroyev Kamoliddin Shaxobiddinovich* *Qiyomov Sharifjon Nizomovich*	74
8	A systems-based quantitative and structural equation modeling framework for investigating job satisfaction among it professionals in urgench, Uzbekistan *Shermetova Gulnoza Azizbek qizi* *Otabek Khujaev*	82
9	$Mg_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$ tarkibli katalizatorda metanolni olefinlarga konversiyalanishi. *Sattorov I.Q.* *Raxmatullayev N.F.* *Quyboqarov O.E*	97
10	Kislorod va azot saqlagan benzinni oktan sonini oshiruvchi turli markali organik qo'shimchalarni dvigateldan chiqadigan zaxarli gazlar miqdoriga ta'sirini o'rganish *S.M. Jovliyev* *F.N.Nurqulov* *F.N.Nurqulov* *S.A. Berdiyev* *I.I.Turg'unov*	105

ISSN 3030-3907

11	Психолого-педагогические аспекты читательской грамотности и формирования языковых компетенций *Хайитова Клара Абдухалиловна* *М.С. Ахмедова*	117
12	Oliy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishda pedagogik qo‘llab-quvvatlash samaradorligini aniqlash bo‘yicha tajriba-sinov ishlari *Voxidov Dilshod Alikulovich* *Ne’matjonova Yulduz O‘tkirjon qizi* *Ibragimov A’lamjon Amrilloyevich* *Voxidov Alikul Melitoshevich*	128
13	Benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayoni qurilmalarini tadqiq qilish *Xazratqulov Komronbek Zuhiddin o‘g‘li* *Ismailov Boburbek Maxmudjanovich* *Obidov Shoyunus Botir o‘g‘li*	134
14	Masofaviy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlar malakasini oshirishda pedagogik qo‘llab-quvvatlashni takomillashtirish *Voxidov Dilshod Alikulovich* *Ne’matjonova Yulduz O‘tkirjon qizi* *Ibragimov A’lamjon Amrilloyevich* *Voxidov Alikul Melitoshevich*	142
15	Sanoat konveyerida olmalarni real vaqt rejimida yolov8 modelida 4 sinf bo‘yicha tasniflash *Erkin Uljaev* *O‘lmasjon Ulfat o‘g‘li Abdixalilov* *Aliyev Asilbek Safarali o‘g‘li*	147
16	Temir(iii) ionini 4-amino-5-gidroksi-6-(piridil-2-azo)-3-sulfonaftalin-1-sulfokislotaning mononatriyli tuzi (hr) bilan kompleks hosil qilish reaksiyasining optimal sharoitlarini aniqlash *Turabov Nurmuxammat Turabovich* *Todjiyev Jamoliddin Nasriddinovich* *Tuliyev Bexruz Alimqulovich* *Xusanov Baxrom Mengdovulovich* *Qilicheva Xusnora Bahodir qizi*	158
17	Meva va rezavorlarni akustik quritishda harorat va akustik ta’sirning birgalikdagi optimal nisbatini aniqlash *Haydarova Nargiza Dilmurod qizi*	164
18	Темир оксиди (fe_2o_3) асосида табиий газни олтингугуртли бирикмалардан тозалаш усулини тадқиқот қилиш *Сафаров Б.Ж.*	172
19	O‘lim darajasidagi o‘zgarishlarning pensiya tizimiga ta'siri *Xayitboyeva Sanobar Muxtorbek qizi*	177
20	Iqlim omillarining quyosh fotoelektrik modullarining samaradorligiga ta’siri *Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich* *Qodirov Jobir Ro‘zimamatovich* *Izomov Shahzod Niyoz o‘g‘li* *Ismoilov Og‘abek Farhod o‘g‘li*	185
21	Mintaqaviy iqtisodiyot nazariyasining evolyutsiyasi va mintaqaviy boshqaruv tushunchasining takomillashtirilishi *Ergashev Sherali Erali o‘g‘li*	200
22	Properly developing the speed and endurance qualities of mini football-players *Meliqulov Davronjon To‘ychiyevich*	209
23	Tarkibida fosfor saqlagan biopolimerlarning termik xossalarini tadqiq etish. *Muhitdinov Bahrom Baxodir o‘g‘li* *Berdiyev Sanjar Allanazarovich* *Qarshiyev Ma’rufjon Tolipovich*	218

ISSN 3030-3907

	Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich	
24	Sanoat ishlab chiqarishi sharoitida jadallashtirilgan usulda oddiy superfosfat olish va mahsulotlarning sifat tarkibini fizik-kiyoviy usullar bilan tahlil qilish *Shamshidinov I.T.* *Abdullayev A.N.* *Najmiddinov R.Yu.* *Qodirova G.Q.* *Bositov M.A.* *Rustamov I.T.*	225
25	Biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish tajribasi *Musadjanova Nargiza Abduvoxid qizi*	237
26	Sholi po‘stlog‘idan kremniy komponentlarining olinishi, tuzilishi, termik tahlili va adsorbsion xossalari *Xoshimov Shaxrom Mansurjon o‘g‘li* *Yuldashov Jo‘rabek Baxromovich* *Kalbaev Alisher Maksetbay uli* *Mamataliyev Nozim Nimadjonovich* *Abdikamalova Aziza Baxtiyarona* *Eshmetov Izzat Do‘simbatovich*	250
27	Mintaqaviy ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni boshqarishning o‘ziga xos xususiyatlari *Ergashev Sherali Erali o‘g‘li*	262
28	Comparative analysis of energy management system (ems) components in battery electric vehicles and hydrogen fuel cell electric vehicles *Eshkobilova Maftuna Umar kizi* *Yakhshilikova Gulnora Shermuhammad kizi*	272
29	Elektr energiyasini hisobga olish tizimlarining hozirgi holatini o‘rganish va tahlil qilish. *S.M. Alikulova* *S.N.Usmonova*	282
30	Development of a technological line for the production of polymer-bitumen compositions *R.M. Mirzaakbarov* *Sh.Sh. Mengliev* *A.G. Makhsumov* *E.E. Mashaev*	286
31	Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazishda nobudgarchiliklari o‘rnini qoplash *Safayev Sanjarbek Zafarbek o‘g‘li*	296
32	Gazni qayta ishlash korxonalarida tabiiy gazni quritish uchun mahalliy adsorbentlardan foydalanish istiqbollari. *Ne’matov X.I.* *Amirqulov Sh.E.*	304
33	Uglevodorodlarni izomerlash katalizatorlari: kimyoviy xususiyatlari va zamonaviy tahlil *Anorboyeva Noila Alisher qizi* *Qobilov Nodirbek Sobirovich*	312
34	Enhanced yolov8 model for real-time fabric defect detection in textile industry *Qarshiyev B. E.* *Kholliyev S. R.*	320
35	Аналитические подходы к исследованию координационных соединений меди: от дизайна лигандов до биомедицинских приложений *Газиева А.С.* *Сманова З.А.* *Сафакулов Б.*	329
36	O‘zbekiston fond bozorida aksiyalar narx dinamikasini geometrik brown harakati modeli asosida shakllantirish va real ma’lumotlar bilan taqqoslash *Raximov Quvvatali Ortikovich*	345

ISSN 3030-3907

	Ro‘zaliyev Sherzodjon Avazjonovich *Karimov Samandar Mo‘ydinjon o‘g‘li*	
37	Isitish tizimlarini takomillashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish *Xakimov Temurbek Boxodirjon o‘g‘li* *Parpiyev Diyorbek Shoxobiddin o‘g‘li*	355
38	Kompleks birikmalarning biokimyodagi ahamiyati *Tojiyeva Sevara Namozovna* *Zayriddinova Anora Oybek qizi* *Azizboyeva Gavhar Raxmatillo qizi* *Iskandarova Nilufar Ismatjon qizi*	361
39	Konchilik ishlarida karyer bortlarining turg‘unligini baholashdagi sonli usullarning tahlili *Norov G‘ulomjon Mirzog‘olib o‘g‘li*	368
40	Jahonda quyosh issiqxonalaridan foydalanishning zamonaviy holati va konstruksiyalari tahlili *Komilova Nodira Abdirahmon qizi*	377
41	Tarmoq trafigini sinflashtirish metodlari va algoritmlari: an’anaviy va statistik yondashuvlar taqqosiy tahlili *Tojiyeva Feruza Qobiljon qizi*	392
42	Juglans regia va prunus persica o‘simliklarining vegetativ organlari asosida olingan dorivor moddalar *Nazarova Yorqinoy Xalpajonovna*	401
43	Lorawan texnologiyasi va tarmoq elementlarining o‘ziga xos xususiyatlari *Sultonova Maxbubaxon Odilovna*	407
44	O‘qitish jarayonida messenjerlardan foydalanish samaradorligi *Kaxarov Ravshanjon Tursunovich* *Kazakov Baxtiyor Abduraxmonovich*	416
45	Sulfanilamid preparatlarining farmakologik xususiyatlari va tibbiyotda qo‘llanilishi *Shermurodova Ruxsorabonu* *Ziyadullayeva Umida* *Eshmirzayeva Umida* *Xudoyqulov Jamoliddin Inomovich*	423
46	Antipirenlar, karbamidning infraqizil spektroskopiyasi va xossalarini tadqiq qilish *O.T.Karimov*	427
47	Gibrid sun’iy intellekt asosida tarmoq trafigida kiberhujumlarni aniqlash: autoencoder va gradient boosting modeli *N.N. Jo‘rayev* *A.Sh. Juraboyev*	432
48	Anizotrop muhitda sirt to‘lqinlarining tarqalishi va uning matematik modellari: nazariya, hisoblash va inversiya *Quzratov Muxriddin Akram o‘g‘li*	441
49	Sun’iy intellekt texnologiyalari va kutubxonachilar professional kompetensiyalarining nazariy asoslari: web of science bazasi asosida analitik tahlil *Mamadaliyeva Sadoqat Botir qizi*	448
50	Tug‘ma anomaliyalar bilan bog‘liq bo‘lgan nogironlikning oldini olish va profilaktik chora-tadbirlarning ilmiy-nazariy asoslari *Kasimova Dilfuza Abrarovna*	454

ISSN 3030-3907

UO`K 661.152.32

FLOTATSION KALIY XLORID KEKI ASOSIDA OQ KRISTALL KALIY XLORID OLISH JARAYONI TADQIQOTI

Erkaev Aktam Ulashevich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
O‘zbekiston, Toshkent
Adilova Mohira Shavkatovna
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
O‘zbekiston, Toshkent
Xolmurotov Shamsitdin Maxmanovich
Toshkent kimyo-texnologiya instituti
O‘zbekiston, Toshkent
Mavlyanov Muxiddin Baxriddin o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali
O‘zbekiston, Yangiyer
Mamarizoeva Feruza Qahramon qizi
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali
O‘zbekiston, Yangiyer
Mo‘minov Sherdor Toshmurod o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali
O‘zbekiston, Yangiyer
E-mail: nurmonov_se@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada galurgik usulda flotatsion kaliy xlorid kekidan oq kristall kaliy xlorid olish jarayoni o‘rganilgan. Galurgik boyitish jarayoni texnologik parametrlarining o‘zgaruvchanlik diapazonini aniqlash uchun KCl - NaCl - H_2O tizimining nazariy tahlili o‘tkazilib, texnologik omillarni o‘zgartirish oralig‘i tanlangan. Oraliq nam konsentrat kekini to‘yingan qaytarma eritmada eruvchanligi harorat, S:Q nisbati, vaqt va tarkibidagi kaliy xloridga bog‘liqligi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: kaliy xlorid keki, galurgik boyitish, harorat, to‘yingan qaytarma eritma, S:Q nisbati, oq kristall kaliy xlorid.

Аннотация. В данной статье исследуется процесс получения белого кристаллического хлорида калия из флотационного осадка хлорида калия галургическим методом. Для определения диапазона изменчивости технологических параметров процесса галургического обогащения был проведен теоретический анализ системы KCl - NaCl - H_2O и выбран диапазон технологических факторов. Определена растворимость промежуточного

ISSN 3030-3907

влажного концентрата в насыщенном рефлюксном растворе в зависимости от температуры, соотношения Ж:Т, времени и содержания хлорида калия.

Ключевые слова: осадок хлорида калия, галургическое обогащение, температура, насыщенный рефлюксный раствор, соотношение Ж:Т, белый кристаллический хлорид калия.

Abstract. This article studies the process of obtaining white crystalline potassium chloride from flotation potassium chloride cake by the galurgic method. To determine the range of variability of technological parameters of the galurgic enrichment process, a theoretical analysis of the KCl - NaCl - H_2O system was carried out, and the range of technological factors was selected. The solubility of the intermediate wet concentrate cake in a saturated reflux solution was determined depending on temperature, L:S ratio, time and potassium chloride content.

Keywords: potassium chloride cake, galurgic enrichment, temperature, saturated reflux solution, L:S ratio, white crystalline potassium chloride.

KIRISH.

Kaliy juda keng tarqalgan kimyoviy elementlardan biridir. Kaliy o‘simliklarda sodir bo‘ladigan hayotiy jarayonlarni tartibga solishda muhim o‘rin tutadi [1,2]. Xususan, u quyidagi fiziologik funktsiyalarni bajaradi: uglevod almashinuviga ta’sir qiladi, o‘simliklarda azot almashinuvi va oqsil sinteziga ta’sir qiladi [3], boshqa mineral ozuqa elementlari faoliyatini tartibga soladi, turli fermentlarni faollashtiradi, yosh o‘simliklarning o‘sishini rag’batlantirib, ulardagi suv maromini yaxshilaydi [4].

Kaliyli o‘g‘itlar hosildorlikni oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash (qand, kraxmal miqdorini ko‘paytirish) va o‘simlikning kasallik hamda stresslarga (quruqlik, sovuq) chidamliligini kuchaytirishda muhim o‘rin tutadi. Ular fotosintezni jadallashtirib, ildiz tizimini mustahkamlaydi va hosilning saqlanuvchanligini os hiradi.

Hozirgi vaqtda dunyoda ishlab chiqarilgan kaliy tuzlarining taxminan 95 foizi qishloq xo‘jaligida mineral o‘g‘it sifatida foydalaniladi [5]. Kaliy xlorid esa dunyo amaliyotida eng keng qo‘llaniladigan kaliyli o‘g‘itlardan biri hisoblanib, uning yuqori tozalikdagi oq kristall shakliga bo‘lgan talab ham yil sayin ortib bormoqda. Yuqori tozalikdagi kaliy xlorid qishloq xo‘jaligida birlamchi kaliy o‘g‘iti sifatida, oziq-ovqat sanoatida qo‘shimcha sifatida, farmatsevtikada, tibbiyotda kaliy yetishmovchiligini davolashda, neft - gaz sanoatida, kimyo sanoatida, shisha, pirotexnika va to‘qimachilik sanoatida keng qo‘llaniladi [6-8]. Shu bois, yuqori sifatli kaliy xloridni samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul texnologiyalar asosida ishlab chiqarish dolzarb ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

Ishdan maqsad - flotatsion kaliy xlorid keki asosida oq kristall kaliy xlorid olish texnologiyasini ishlab chiqish.

TADQIQOTNING OBYEKTI VA USULLARI.

Ushbu tadqiqotda “Dehqonobod kaliy zavodi” AJda silvinitni flotatsion boyitishda lentali vakuum - filtrdan so‘ng hosil bo‘ladigan konsentrat kekidan galurgik usulda kristall kaliy xlorid olish uchun xom ashyo sifatida foydalanildi. Konsentrat kekining kimyoviy tarkibi, (og‘.%): KCl-90,42; NaCl-1,86; e.q.-2,80; H_2O-7,0.

Tajribada olingan moddalarning kimyoviy va mineralogik tarkibi quyidagi usullar yordamida aniqlandi. Miqdoriy kimyoviy tahlil uchun analitik kimyo usullari qo‘llanildi: xlorid ionlari miqdori hajmiy permanganatometrik tahlil orqali, magniy va kaltsiy hajmiy kompleksonometrik tahlil, kaliy va natriy esa alangali fotometriya usuli orqali aniqlandi. Namunalarning morfologiyasi va mikrotuzilmasini aniqlash uchun SEM-EVO MA 10 skanerlovchi elektron mikroskopiyasi (Carl Zeiss, Germaniya) qo‘llanildi. Kukunlarning elementar tarkibi edX (Oxford Instrument) markali energiya dispersiyasi elementar analizatori yordamida aniqlandi**.**

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Galurgik boyitish jarayoni texnologik parametrlarining o‘zgaruvchanlik diapazonini aniqlash uchun boshlang‘ich materiallarning kimyoviy tarkibini hisobga olgan holda KCl - NaCl - H_2O tizimining nazariy tahlili o‘tkazildi.

NaCl-KCl-H_2O tizimi tahlili asosida kekni qayta ishlashning optimal sharoitlari aniqlandi. Uch turdagi erituvchi bilan uchta eritish varianti ko‘rib chiqildi: suv, suv va E_{25} evtonik eritmaning 1:1 nisbatdagi aralashmasi va E_{25} evtonik eritmasi.

Olingan natijalarga ko‘ra erituvchi sifatida suv olinganda kaliy xlorid unumi 37,38% dan oshmagan, erituvchi sifatida qaytarma eritma olinganda esa unum 97,0% gacha chiqgan.

Nazariy tahlil asosida turli Q:S nisbatlari va haroratlarda flotatsion kaliy xlorid keki qaytarma eritmada eritildi (1-jadval).

Konsentrat keki bug‘li qobiq va aralashtirgichga ega bo‘lgan silindrsimon reaktor-erituvchida qaytarma eritma : konsentrat keki = 3,63-6,58 og‘irlik nisbatlari, hamda 90 va 100°C haroratlarda 5 daqiqa davomida eritildi.

Hosil bo‘lgan suspenziya vakuum filtrda filtrlanib, olingan tiniqlashtirilgan eritma suv bilan sovutiladigan silindrsimon kristallizatorda 15 daqiqa davomida 10-40°C gacha sovutildi, natijada kristall kaliy xlorid va to‘yingan kaliy xlorid bilan natriy xlorid aralashmasili eritmadan iborat suspenziya hosil bo‘ldi; 6% qoldiq eritmani o‘z ichiga olgan kaliy xlorid kristallari sentrifugalash orqali

ISSN 3030-3907

ajratildi va suv bilan yuvildi. Namlik miqdori 4% bo‘lgan kaliy xlorid kristallari quritgichda 100°C haroratda quritildi. Kaliy xlorid kristallarini ajratgandan so‘ng olingan eritmaning asosiy qismi issiqlik almashtirgich orqali dastlabki nam konsentrat kekini eritish bosqichiga yuborildi.

1-Jadval

Kaliy xloridni konsentrat kekidan ajratib olish darajasiga texnologik parametrlarning ta’siri

№	Qaytarma eritma: kek nisbati	Harorat, °C		Oqimlar massasi, t/t mahsulotga				Mahsulot unumi, %
		Eritish	Kristall lash	Qaytarma eritma eritishga	Shlam		Filtrat	
					e.q.	NaCl		
1	6,58	90	40	6,26	0,0053	0,1567	5,72	98,94
2	5,47	90	30	5,35	0,0060	0,1454	4,86	98,63
3	4,81	90	20	4,75	0,0066	0,1495	4,26	98,38
4	4,34	90	10	4,32	0,0068	0,1465	3,87	98,79
5	5,14	100	40	5,05	0,0053	0,1171	4,64	99,81
6	4,42	100	30	4,40	0,0059	0,1118	4,04	98,97
7	3,97	100	20	3,93	0,0064	0,1179	3,60	97,44
8	3,63	100	10	3,61	0,0066	0,1172	3,31	97,68

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, eritish haroratining 90 °C dan 100 °C gacha oshishi bilan har bir tonna mahsulotga to‘g‘ri keladigan qaytarma eritma miqdori 6,26 dan 5,05 tonnagacha, ya’ni 1,24 marta (40 °Cda) kamayadi. Ammo mahsulot chiqimi 98,94 dan 99,81% gacha oshadi. Kristallash haroratini 10°C dan 40°C gacha oshishi bilan qaytarma eritma sarfi 90 °C dagi eritmada 100 °C dagiga nisbatan 1,19 dan 1,24 gacha oshadi. Mahsulot chiqimi esa kristallash harorati 10 - 20 °C va 30 - 40 °Cda mos holda 97,44-98,79% va 98,63-99,81% oralig‘ida, ya’ni 1% atrofida yuqori bo‘ladi. Yuqorida qayd etilganlarni inobatga olgan holda eritish va kristallash haroratlari mos holda 90-100 °C va 30-40 °C oralig‘ida tanlandi.

2-jadvalda ICP ma’lumotlariga asoslangan boshlang‘ich va yakuniy mahsulotlarning elementar tarkibi ko‘rsatilgan. Ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, mahsulotdagi Na miqdori boshlang‘ich materialga (konsentrat keki) nisbatan deyarli 10 barobar kichik, K miqdori esa 3,5-4% yuqori. Shuni ta’kidlash kerakki, shlamdagi ishqoriy yer metallari (Mg, Ca) va biryarim oksidlar (Al, Fe) miqdori boshlang‘ich va yakuniy materiallarga qaraganda yuqori. Shuningdek, Li va Mn, Co, Cu, Zn kabi qimmatli va mikroelementlar shlamda to‘planganligini ta’kidlash muhimdir.

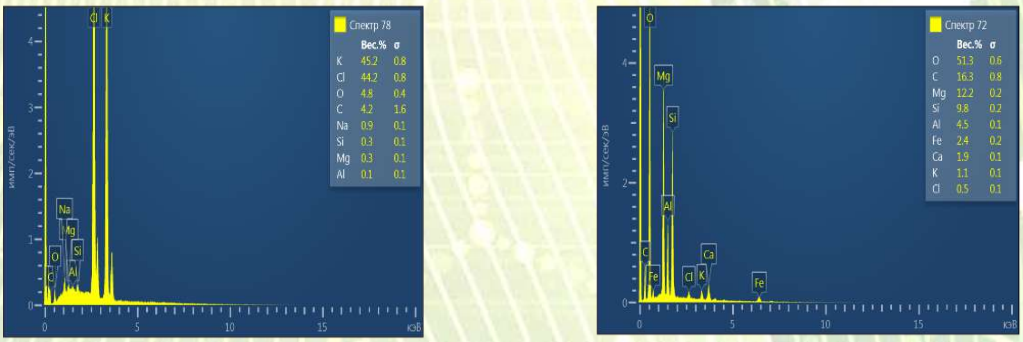
ISSN 3030-3907

2-Jadval

Dastlabki va yakuniy materiallarning element tarkibi (ICP ma'lumotlari)

Materiallar nomi	Elementlarning nomlanishi va o'lchovlar diapazoni										
	Li	**Na ***	**Mg ***	**Al ***	**K ***	**Ca ***	**Mn**	**Fe ***	**Co**	**Cu**	**Zn**
	0,05-4000	**0,004 - 11%**	**0,004-11%**	**0,002 - 20%**	**0,008 - 30%**	**0,005 - 28%**	**0,002-10 %**	**0,006 - 30%**	**0,10-4000**	**1,0-4000**	**1,0-4000**
Konsentratkeki	0,680	53399	5198	5011	459446	14039	43,4	2701	0,230	15,0	12,3
Shlam	51,2	2530	131056	50207	139518	43478	244	23996	11,3	47,5	31,1
Kristall kaliy xlorid	0,526	5551	3761	5017	490000	17976	35,2	1081	0,173	23,3	28,7

1-rasmda namunalarning energiya dispersiyasi spektral tahlilida kontsentrat keki (a) va shlam (b) ko'rsatilgan. Olingan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, konsentrat keki asosan kaliy va xlordan, shlam esa magniy, kalsiy va alyuminiy silikat oksidlaridan, shuningdek, temirdan iborat.



A **B**

1-rasm. Namunalarning energiya dispersiya spektrlari: a-konsentrat keki; b-shlam

XULOSA. Shunday qilib, galurgik boyitish jarayoni texnologik parametrlarining o'zgaruvchanlik diapazonini aniqlash uchun oraliq nam konsentrat kekini kimyoviy tarkibini hisobga olgan holda KCl - NaCl - H_2O tizimining nazariy tahlili o'tkazildi va texnologik omillarni o'zgartirish oralig'i tanlandi.

Oraliq nam konsentrat kekini to'yingan qaytarma eritmada eruvchanligi harorat, S:Q nisbati, vaqt va tarkibidagi kaliy xloridga bog'liqligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907

Dastlabki konsentrat keki va boyitish natijasida hosil bo‘lgan kristall kaliy xlorid, hamda shlamlarning mineralogik tarkibini zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida o‘rganildi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Environmental Technology in Agriculture and Agricultural Engineering. Элекронный ресурс. URL:http://agrotehnology.com.
2. «Почему калий необходим для растений и как устранить его нехватку». Элекронный ресурс.URL: https://cemicvet.mediasole.ru.
3. «Калий». Элекронный ресурс.URL: https://www.smed.ru.
4. Алексеенко В. А. Биосфера и жизнедеятельность./ В.А. Алексеенко, Л.П. Алексеенко – М.: Логос, 2013. - 212 с.
5. Warren John K. Evaporates: A Geological Compendium. 2nd edition. Cham: Springer, 2016. 1812 p.
6. Жаворонков Н.М. Теоретические основы химической технологии. Избранные труды. М.: Наука, 2007.-351с.
7. Веренич С.И., Бадьина В.М., Молохович М.В. Производственные технологии: электронный учебно – методический комплекс. – Мн.: электронная библиотека БГЭУ, 2020. – 104 с.
8. Основы технологии минеральных удобрений. Учебное пособие /В.Р. Миролюбов, В.И. Гашкова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 75 с.
9. Adilova M.Sh., Kholmuratov Sh.M., Normuratov B.B., Bayrayeva D.A., Boboqulov A.N “INTENSIFICATION TECHNOLOGY POTASSIUM CHLORIDE” // London International Monthly Conference on Multidisciplinary Research and Innovation, Vol 3, No 2 2026, Part 109–110p.

ISSN 3030-3907

AHOLI ORASIDA VITAMIN VA MINERALLAR YETISHMASLIK HOLATI XAVF GURUHLARI.

Saidova Firuza Salomovna
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Patologik fiziologiya kafedrasi assistenti, Samarqand, O‘zbekiston.
Email: firuzasaidova143@gmail.com,
https://orcid.org/0009-0001-8786-3356
Saidmurodova Nigina Komil qizi
Samarqand davlat tibbiyot Pediatriya fakulteti 4- bosqich talabasi, Samarqand, O‘zbekiston.
Email: Ni5gi5na@gmail.com

Annotasiya. Shahar aholisining aksariyatida katta yoshlilarda, ayniqsa bolalar yoki ayollardan qat'i nazar, butun yil davomidaa bir vaqtning o‘zida bir nechta vitaminlar bilan birga kaltsiy, magniy, rux, yod va boshqa minerallar yetishmasligi holatlari ko‘plab uchrab turadi. Bundan tashqari, mikronutrient yetishmovchiligini rivojlanish xavfi ostida bo‘lgan aholi guruhlari ham mavjud, masalan 2-3 yoshdagi bolalarda umumiy dasturxondan ovqatlanishga o‘tish davrlarida, erta balog‘atga etish davrida, oziq-ovqat intoleransi va allergiyasi bo‘lgan shaxslar, maqsadli dietada bo‘lgan shaxslar (vegetarianlar, veganlar va boshqalar) yoki parhezda bo‘lish, semiz odamlar (kaloriyali parhezlar), oshqozon-ichak trakti kasalliklari bo‘lgan shaxslar (yumshoq) parhez, dori-darmon terapiyasi ta’siridagilar, jismoniy va psixo-emotsional stressi kuchaygan shaxslar, uzoq diniy ro‘za tutadigan shaxslar shu jumladan tana vaznini nazorat qiladigan sportchilar orasida ko‘p kuzatiladi. Har bir mikronutrientning biokimyoviy roli organizmning metabolizmda ishtirok etadigan yoki organizm darajasida muhim funktsiyani bajarish uchun zarur bo‘lgan boshqa mikronutrientlar bilan ta'minlanishiga bog‘liq bo‘ladi. Mikronutrient holatini barqarorlashning samarali va ilmiy asoslangan usuli bu qo‘shimcha vitaminlar va minerallar komplekslardan foydalangan holda ta’minlash hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: ko‘p mikronutrient yetishmovchiligi, xavf guruhlari, vitamin va mineral komplekslar.

Аннотация. В большинстве городских жителей наблюдается множество случаев дефицита кальция, магния, цинка, йода и других минералов, а также нескольких витаминов одновременно в течение года, у взрослых, особенно у детей и женщин. Кроме того, существуют группы населения, находящиеся в группе риска развития дефицита микронутриентов, например, в переходные периоды от общего к питанию у детей в возрасте 2-3 лет, в раннем половом созревании, у людей с пищевой непереносимостью и аллергиями, на

ISSN 3030-3907

таргетной диете (вегетарианцы, веганы и др.), люди с ожирением (высококалорийные диеты), люди с заболеваниями желудочно-кишечного тракта (мягкая) диета, медицина Это чаще встречается среди тех, кто подвергается терапии, людям с повышенным физическим и психоэмоциональным стрессом, тех, кто соблюдает длительное религиозное голодание, включая спортсменов, контролирующих свой вес. Биохимическая роль каждого микронутриента зависит от обеспечения другими микронутриентами, которые участвуют в метаболизме или необходимы для выполнения важной функции на уровне организма. Эффективным и научно обоснованным способом стабилизации состояния микронутриентов считается обеспечение их с помощью комплексных добавок витаминов и минералов.

Ключевые слова: дефицит множества микронутриентов, группы риска, витаминно-минеральные комплексы.

Annotation. Among the majority of city residents, especially in older adults regardless of being children or women, deficiencies of calcium, magnesium, zinc, iodine, and other minerals along with multiple vitamins at the same time throughout the year are commonly observed. In addition, there are population groups at risk of developing micronutrient deficiencies, for example, children aged 2-3 years during the transition to a general family diet, during early adolescence, individuals with food intolerance and allergies, those on targeted diets (vegetarians, vegans, and others), those on a diet, obese individuals (on high-calorie diets), individuals with gastrointestinal diseases (soft diet), those affected by drug therapy, individuals experiencing increased physical and psycho-emotional stress, people observing long-term religious fasting, including athletes monitoring body weight. The biochemical role of each micronutrient depends on the supply of other micronutrients that are necessary for participating in metabolism or performing important functions on the organism level. An effective and scientifically based way to stabilize micronutrient status is to ensure it through the use of supplemental vitamin and mineral complexes.

Keywords: multiple micronutrient deficiencies, risk groups, vitamin and mineral complexes.

KIRISH.

JSSTning 2016 yilgi ma'lumotlariga ko‘ra, aholining 21,6 foizidan ortig‘ida oziqlanish bilan bog‘liq kasalliklar (patologik holat), xususan arterial gipertenziya, oshqozon-ichak trakti kasalliklari, giperxolesteronemiya, gemoglobin miqdorining pasayishi, giperglikemiya va boshqa holatlar mavjud. Har bir holatning rivojlanish xavf holatlari (yurak-qon tomir, shuningdek, osteoporos, anemiya, diabet va

ISSN 3030-3907

boshqalar) juda ko‘p polefaktor xarakterga ega, ya'ni bir qancha omil mavjud bo‘lsa, kasallik xavfi sezilarli darajada oshadi. Buning sababi shundaki, mikroelementlar, vitaminlar va muhim mineral moddalarning metabolizmda ishtirok etishi, gomeostazni va umuman salomatlikni qo‘llab - quvvatlash uchun ma'lum funktsiyalarni bajaradi. Ular bir-biri bilan murakkab metabolik jarayonlarga chambarchas bog‘liqlikga ega hisoblanadi. Boshqacha qilib aytganda, organizmning xavfsizligi bitta vitamin yoki mineral moddaning fiziologik va metabolik faol shaklini boshqa vitamin bilan egallashni o‘z ichiga oladi. Organizmda yod va vitamin D miqdorining kamayib ketishi oqibatida bir qancha jarayonlarda qator o‘zgarishlar kuzatilib natijada boshqa mikronutriyenlar o‘zlashtirilishi buzilib, natijada mikronutriyen tanqisligi rivojlanishi mumkin.

Shunday qilib, yod funktsiyasini amalga oshirish uchun tananing yetarli darajada B vitaminlari (B12, B2, niatsin), A, sink, selen, mis, temir, kaltsiy va magniy [1] ta'minlanishi va jele biologik ta'sirining namoyon bo‘lishi uchun-C, B2, B6 vitaminlari va Mn, Cu, Mo, Cr, mikro elementlari bilan ta'minlanishi zarur hisoblanadi [2]. Umumiy ma'lumot B guruhi vitaminlarining funktsional aloqasi [3]. Organizmda vitamin D ning funktsiyalarini kuchaytirish va tananing barcha vitaminlar, magniy, marganets, mis kaltsiy bilan ta'minlanishiga xizmat qiladi (4).

Ushbu maqolaning maqsadi zamonaviy xorijiy va Vatan adabiyotini ishonchli tarzda muhokama qilib, dietasi bemorlarda oziq-ovqat mahsulotlarini vitaminlar va mineral moddalar bilan boyitish zarurligi to‘g‘risidagi ma'lumotlar izlanish, mikronutrient holatini yaxshilash hisoblanadi. Ma'lumotlar RSCI bazalari bo‘yicha qidirildi,

Cyber Leninka, Pubmed, Scholar Google, preimu so‘nggi 5 yil ichida, foydalanish kalit so‘zlar "vitaminlar", "iste'mol", "obes jigarligi", "vitamin yetishmasligi", "bolalar", "bere mennye", "emizikli ayollar", "vitaminlar", " vitamin consumption», «child», «multiple micronutrients», «dietary supplements» tizimlaridan foydalanib jamlangan.

Ustuvor kamchiliklar Samarqand viloyati aholisi orasida 2022 yildan hozirgi kungacha bo‘lgan davrda yashash sharoitidan qatiy nazar aholining asosiy qismi kattalar va bolalar uchun ovqatlanishning mikroelementlar yetarlilik holatlarini baholashga doir so‘rovnomalar tahliliga ko‘ra baholandi. Yil davomida ratsionda bir vaqtning o‘zida bir nechta vitaminlar, kaltsiy, magniy, rux, yod va boshqalar mineral moddalar yetishmovchilik belgilari aniqlanib ularning qon tahlillari bilan tasdiqlangan xulosalar olindi [5-7].Yod va D vitaminini yetarli darajada iste'mol qilmaslik u shu qadar keng tarqalganki, bularning yetishmasligi fonida boshqa mikroelementlar tanqisligi rivojlangan [8, 9].

ISSN 3030-3907

B vitaminlari yetishmasligi JST tomonidan aholining barcha guruhlari orasida o‘rin egallaydi: yangi sportchilarda, vegetarianlar, ayollar homiladorligining uchinchi trimestrda, davlat Metallur korxonasining ishchilari, sil kasalligi bilan kasallanganlarda. [8].

Uch yoki undan ortiq vitaminlarning birgalikda yetishmasligi (polihipovitaminoz) umumiy aholida kattalarning 20% dan ortig‘ida va bolalarning taxminan 40% ida doimiy kuzatiladi. Bir vaqtning o‘zida bir nechta mikronutrientlarning yetishmasligi rivojlanishi asosan turli xil ovqatlanish cheklovlari (parhez)da[10], organizmda patologik jarayonning rivojlanish holatlarida, dori-darmonlarni qabul qilish va stresslar tufayli yuzaga keladi. (jadval 1).

1-Jadval.

Aholi orasida mikronutrient yetishmovchiligi uchun ko‘p kuzatiladigan xavf guruhlari [11]

Aholi guruhi	Bir vaqtning o‘zida mikroelementlarning yetishmasligi
2-3 yoshli bolalarning umumiy dasturxondan ovqatlanishga o‘tishida boyitilgan bolalar oziq-ovqat mahsulotlaridan foydalangan	Barcha vitaminlar, Fe, Ca, I
Oziq-ovqat intoleransi va allergiyasi bo‘lgan shaxslar	Oziq-ovqat tarkibidagi vitaminlar, ratsiondan chiqarib tashlangan
dietadagi shaxslar	B12, B3, D, E, Ca, Se, Zn, Fe, I Vitaminlari, Omega-3
Semirib ketgan shaxslar (dietaning kaloriya miqdori kamaygan)	D, E vitaminlari, B guruh vitaminlari
Oshqozon-ichak kasalliklari bo‘lgan odamlar (yumshoq ovqatlanish)	Barcha vitaminlar
Giyohvand moddalar bilan terapiya olayotgan shaxslar	B vitaminlari
Erta pubertat yosh	Barcha vitaminlar
Jismoniy va ruhiy-hissiy zo‘riqishi ko‘paygan shaxslar	Antioksidant vitaminlar
Qariyalar	Barcha vitaminlar, Ca, Mg, Zn
Uzoq diniy ro‘za tutadiganlar	B, D, Fe, Zn vitaminlari
Tana vaznini boshqaradigan sportchilar	D vitaminlari, B, A, C, E, I, K, Ca, Se guruhlari

ISSN 3030-3907

Xun tolasi (kepak) bilan o‘z dietasini boyitadigan odamlar.	B, E vitaminlari, beta-karotin

Izoh. KTYK - ko‘p to‘yinmagan yog 'kislotalari, OIT- oshqozon-ichak trakti.

Homilador va ko‘b tug‘gan ayollar muhim mikroelementlarga bo‘lgan ehtiyojning oshishi tufayli organizmi xavf ostida bo‘ladi. Samadorlik ulushi homilador ayollarni vitaminlar bilan ta'minlanganda va vitamin mineral komplekslarini (VMK) qabul qilishi natijasida 6% dan 39% gacha yaxshilanish salmog‘i ortadi. Nisbiy uch yoki undan ortiq vitaminlar (B1 tamin) yetishmovchiligi bo‘lgan ayollar soni esa 15-38% oralig‘ida o‘zgarib turadi.

Uzoq muddatli diniy ro‘za tutish ko‘p mikronutrient defitsiti rivojlanishiga ham ta'sir qiladi. Ko‘pgina kasalliklar mikronutrient yetishmovchilik klinik belgilari bilan bilan bo‘ladi[15]. Maqsadi yo‘q qilish, ozish dietalari vaqtida vitamin yetishmovchiliklari dastlabki allergiya foni bilan namoyon bo‘lib, allergiya rivojlanishiga olib keladi va vitamin yetishmovchiligi yanada kuchayadi [11].

Oshqozon-ichak trakti kasalliklarida vitamin yetishmovchiligini ortishi vitaminlar iste'molining pasayishi bilan bog‘liq. Ularning oshqozon-ichak trakti orqali assimilyatsiyasining buzilishi natijasida oziq-ovqat bilan, shuningdek, qisqartirilgan yoki yengil tamaddi dasturlardan foydalanish vitaminlar miqdori past bo‘lgan dietalar, bu esa, odatda, tuzilish va funktsiyani saqlab qolish uchun vitaminlarni iste'mol qilishning buzilishiga olib keladi [11]. B vitaminlari (B1, B2, B6, B9, B12) yetishmasligiga ko‘p sababchi boladigan xavf guruhlariga quyidagilar kiradi yurak yetishmovchiligi bo‘lgan bemorlar (B1, B2 va B6), semirish operatsiyalaridan keyingi bemorlar va vegetarianlar (B1, B2, B6 va B12). Boshqa hollarda vitamin yetishmasligidan tashqari B guruhlari D vitamini yetishmasligiga olib kelishi mumkin. Ratsionni xun tolasi bilan boyitish sorblash qobiliyatiga ega bo‘lgan donli kepak, pektin, insulin yoki to‘yingan yog ' kislotalari bilan to‘ldirilgan Polin baliq yog‘i yoki o‘simlik moylari (zig‘ir urug‘i), peroksidning jarayonlarini kuchaytirishga yordam beradi.

Oksidlanish organizmning antioksidant vitaminlar (E, C) va beta-karotin bilan ta'minlanishining yomonlashishiga olib kelishi mumkin [20]. Bunday mikronutrient yetishmovchiligi holatlarda ko‘pincha davolash usullari aholining barcha guruhlarida multimikronutriyent etishmovchilikni tuzatish uchun oziq-ovqat mahsulotlari va VMK ishlatiladi. Davolashdagi eng to‘g‘ri samarador usul bu ovqatlanish odatlarini o‘zgartirishni talab qilmaydigan va fiziologik usul hisoblanadigan, ratsionning mikroelementli qiymatini yetishmayotgan komponentlarni oziq-ovqat mahsulotlarini bilan tabiiy boyitish hisoblanadi. Ko‘pgina mamlakatlarda unni B guruhi vitaminlari va temir bilan boyitish, tuzni

ISSN 3030-3907

yodlash qonuniy ravishda tartibga solinadi, shuningdek, sut mahsulotlarini vitamin D tomonidan boyitish ham qollaniladi. Asosiy oziq-ovqat mahsulotlari (guruch va bug‘doy uni, sut mahsulotlari, ichimliklar, pechene, spredlar)ni VMKli boyitish amalga oshirish tavsiya qilindi. Shuningdek mikroelementlarning yetishmasligi qon zardobida mikron trientlarining (temir, A vitaminlari, B2 va B6) kontsentratsiyasining pasayishiga olib keladi. Natijada anemiya 34%, bo‘qoq rivojlanish chastotasi 74% va asab tizimi nuqsonlari 41% kuzatiladi[21].

2013 yil 21 iyundagi 395№-sonli "Le chebn Nutrition normalarini tasdiqlash to‘g‘risida"1, davolash dietasining standart ratsioniga mikronutrientlarga fiziologik ehtiyojning 50-100% dozasida VMK kiritilgan. Ushbu VMK tableta yoki kapsula shaklida bo‘lishi shart emas, balki VMK pishirish paytida xuddi shu dozalarda yoki tarkibida protein B vitaminlari bo‘lgan tarkibiy aralashmalar ham terapevtik va parhezli tayyor ovqatlarni boyitish profilaktik ovqatlanish maqsadida ishlatilishi mumkin [20]. Biroq, bunday dozaning kasalxonada yetarli darajada bo‘lmasligi bilan vitamina ta'minotini to‘ldirish uchun yetarli bo‘lmasligi mumkin.

Ko‘p komponentli VMK dan foydalanish bir qator afzalliklarga ega ekanligi isbotlangan alohida vitaminlar yoki mineral moddalardan foydalanish tavsiya etiladi. Bu nafaqat organizmning mikronutrient holatini yaxshilash, shuningdek mikroelementlar yetishmasligidan kelib chiqadigan oqibatlarni ham bartaraf etadi. Shunday qilib, mikronutrientlarni qabul qilish nafaqat kasallikni oldini oladi, balki VMK faqat qo‘shimchaga nisbatan temir va foliy kislotasi homilador ayollarda kamqonlikning rivojlanishi, kam vaznli bolalar sonini kamaytirish, shuningdek, erta tug‘ilish chastotasini kamaytirishi, tug‘ilish va kichik homiladorlik bilan tug‘ilgan chaqaloqlar yoshiga mos rivojlanishini ta’minlaydi [22].

VMK ning samaradorligi ulardagi vitaminlar dozasiga va ularni qabul qilish davomiyligiga bog‘liq [23]. Tavsiya etilgan kunlik iste'molning 15-50 foizini tashkil etadigan vitaminlarning past dozalari 1 oydan kam muddat ichida vitamin yetishmasligini bartaraf etishga imkon bermaydi. Fiziologik ehtiyojning taxminan 100% dozalari bilan VMK dan foydalanish 1 oylik dozadan keyin vitamin ta'minotining sezilarli yaxshilanishiga olib keladi. Aholining turli guruhlari (bolalar, kattalar, homilador va emizikli ayollar) uchun samarali VMKni tanlashning asosiy mezonlari, xususan vitaminlar to‘plami (kamida 10 ta), ulardagi vitaminlar dozalari (~100% kunlik iste'molning rekomeni va qabul qilishning davomiyligi) muhim ahamiyatga ega [20,23 , 24].

XULOSA: Mamlakatimiz aholisining katta qismi uchun mikronning tabiiy maxsulotlar bilan yetarli darajada ta'minlanmaganligi xarakterlidir. Har bir mikroelementning bajarish vazifasi uning biokimyoviy roli organizmning boshqa mikroelementlar bilan ta'minlanishiga bog‘liq bo‘lib, ular almashinuvda yoki

ISSN 3030-3907

organizm darajasida yakuniy funktsiyani amalga oshirish uchun zarurdir. Ilmiy asoslangan tarzda tan olingan mikronutrient holatini yaxshilash vitaminlar va mineral moddalar bilan oziq-ovqat mahsulotlarini boyitishdir.

Ommaviy oziq-ovqat mahsulotlarini boyitish majburiyati bo‘lmagan taqdirda talab VMKdan foydalanish dolzarb deb hisoblanadi. VMKni tanlash mezonlari vitaminlar va mikroelementlar, ularning yetishmasligi ma'lum bir aholi guruhi uchun organizmning fiziologik ehtiyojga mos dozalarda tavsiya qilinadi. Aholining turli guruhlari uchun mo‘ljallangan vitaminlar va minerallar bilan boyitishda tabiiy maxsulotlardan o‘rinli foydalana olish dolzarb bo‘lib qolmoqda.

ADABIYOTLAR

1. Li HM, Zhou CH, Li ZS, et al.: Risk factors for Enterobius vermicularis infection in children in Gaozhou, Guangdong, China. Infect Dis Poverty 2015; 4: 28.
2. Powell G, Sarmah P, Sethi B, Ganesan R: Enterobius vermicularis infection of the ovary. BMJ Case Rep 2013; doi: 10.1136/bcr-2013–201146.
3. Rasulov S.K., Mamedov A.N., Saidova F.S. Diagnosis and treatment of enterobiasis in children. Educational methodical manual. Samarkand 2022. 30 p. 2.0.b.t. "MJCH Navruz poligraf" printing house. (in Uzb).
4. Reinhard KJ, Araújo A, Morrow JJ: Temporal and spatial distribution of Enterobius vermicularis (Nematoda: Oxyuridae) in the prehistoric Americas. Korean J Parasitol 2016; 54: 591–603.
5. Sebastian W, Henning T, Stefan S, et. al.: The Diagnosis and Treatment of Pinworm Infection. Dtsch Arztebl Int 2019; 116: 213–9. DOI: 10.3238/arztebl.2019.0213.
6. ВОЗ.Кормление и питание грудных детей и детей раннего возраста.// Методические рекомендации для Европейского региона ВОЗ с особым акцентом на республики бывшего Советского Союза.// ВОЗ.Европейская серия — 2001.Дания.369 с.
7. Rizaev JA, Shamsiev JA, Zayniev SS Ways to Optimize Patient Outcomes and Improve the Quality of Medical Care in Surgically Correctable Congenital Malformations in Samarkand //European Journal of Research Development and Sustainability. – 2021. – T. 2. – No. 3. – pp. 45-48.
8. Tsai CY, Junod R, Jacot-Guillarmod M, Beniere C, Ziadi S, Bongiovanni M: Vaginal Enterobius vermicularis diagnosed on liquid-based cytology during Papanicolaou test cervical cancer screening: a report of two cases and a review of the literature. Diagn Cytopathol 2018; 46:179–86.
9. Расулов С. К., Бобомуратов Т. А., Джураева З. А.Медико-социальная охрана материнства и детства с учётом дефицита микронутриентов:

ISSN 3030-3907

нутрициональная поддержка и профилактика.Lamdert acadimic Publishing 2022.Republic of Moldova Turope / www.morebooks.shop 198 с.
10. Хорошилов И. Е.Клиническое питание и нутрициональная поддержка.Санкт-Петербург.2018.—243 с.

ISSN 3030-3907

METHODS FOR THE SYNTHESIS OF HYPOXANTHINE BASED ON LOW-COST RAW MATERIALS

Bozorov Jasur
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tekshirish instituti tadqiqotchisi
Pirniyazova Gulsanem
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tekshirish instituti tadqiqotchisi
Saitkulov Foziljon Ergashevich
Toshkent davlat agrar universiteti
Mirvaliyev Zoid
Toshkent davlat agrar universiteti

Annotatsiya. Gipoksantin nuklein kislotalar metabolizmida muhim rol o‘ynaydigan va farmatsevtika hamda biokimyo tadqiqotlarida biologik faol birikmalar sintezida qimmatli oraliq mahsulot hisoblanadigan purin hosilasidir. So‘nggi yillarda gipoksantinni arzon va oson topiladigan xom ashyolar asosida samarali hamda iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq usullar bilan sintez qilishga katta e’tibor qaratilmoqda. Mazkur ishda arzon boshlang‘ich moddalarga asoslangan bir qator istiqbolli sintez usullari tahlil qilindi va ko‘rib chiqildi. Bu usullar qatoriga adeninning dezaminatsiyasi, guaninning oksidlanishi yoki transformatsiyasi, karbamid va formamid kabi oddiy organik birikmalardan purin yadrosini bosqichma-bosqich qurish, nuklein kislotalar parchalanish mahsulotlaridan gipoksantin olish hamda adenin dezaminaza fermenti yordamida fermentativ biokataliz kiradi. Tadqiqotda reaksiyaning samaradorligi, selektivligi, ekologik xavfsizligi va arzon xom ashyolardan foydalanishning iqtisodiy afzalliklariga alohida e’tibor qaratilgan. Ko‘rib chiqilgan usullar gipoksantinni laboratoriya sharoitida hamda sanoat miqyosida qo‘llash mumkin bo‘lgan nisbatan sodda va tejamkor jarayonlar orqali sintez qilish mumkinligini ko‘rsatadi. Bunday yondashuvlar barqaror kimyoviy texnologiyalarni rivojlantirishga hissa qo‘shadi va biologik faol purin hosilalarini yaratish bo‘yicha keyingi tadqiqotlar uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: gipoksantin, purin hosilalari, adeninning dezaminatsiyasi, guaninning oksidlanishi, arzon xom ashyo, purin sintezi, biokataliz, nuklein kislotalar metabolizmi, yashil kimyo.

Аннотация. Гипоксантин является важным производным пурина, играющим ключевую роль в метаболизме нуклеиновых кислот и служащим ценным промежуточным соединением при синтезе биологически активных веществ, применяемых в фармацевтических и биохимических исследованиях. В последние годы значительное внимание уделяется разработке эффективных и экономически целесообразных методов синтеза гипоксантина на основе

ISSN 3030-3907

дешёвого и доступного сырья. В данной работе рассмотрены и проанализированы несколько перспективных подходов к синтезу, основанных на недорогих исходных соединениях. К таким методам относятся деаминирование аденина, окисление или трансформация гуанина, поэтапное построение пуринового ядра из простых органических соединений, таких как мочевина и формамид, получение гипоксантина из продуктов распада нуклеиновых кислот, а также ферментативный биокатализ с использованием адениндезаминазы. Особое внимание уделено эффективности реакций, их селективности, экологической безопасности и экономическим преимуществам использования доступного сырья. Рассмотренные методы показывают, что гипоксантин может быть синтезирован относительно простыми и экономически выгодными процессами, пригодными как для лабораторных исследований, так и для потенциального промышленного производства. Разработка подобных подходов способствует развитию устойчивых химических технологий и создаёт основу для дальнейших исследований пуриновых производных с потенциальной биологической активностью.

Ключевые слова: гипоксантин, производные пурина, деаминирование аденина, окисление гуанина, дешёвое сырьё, синтез пуринов, биокатализ, метаболизм нуклеиновых кислот, зелёная химия.

Abstract. Hypoxanthine is an important purine derivative that plays a key role in nucleic acid metabolism and serves as a valuable intermediate in the synthesis of biologically active compounds used in pharmaceutical and biochemical research. In recent years, significant attention has been focused on developing efficient and economically feasible methods for the synthesis of hypoxanthine using inexpensive and readily available raw materials. The present study reviews and analyzes several promising synthetic approaches based on low-cost precursors. These methods include the deamination of adenine, oxidation or transformation of guanine, stepwise construction of the purine nucleus from simple organic compounds such as urea and formamide, recovery from nucleic acid degradation products, and enzymatic biocatalysis using adenine deaminase. Particular emphasis is placed on reaction efficiency, selectivity, environmental safety, and the economic advantages of using accessible starting materials. The discussed methods demonstrate that hypoxanthine can be synthesized through relatively simple and cost-effective processes suitable for laboratory research and potential industrial production. The development of such approaches contributes to the advancement of sustainable chemical technologies and provides a basis for further studies on purine derivatives with potential biological activity.

ISSN 3030-3907

Keywords: Hypoxanthine, purine derivatives, adenine deamination, guanine oxidation, low-cost raw materials, purine synthesis, biocatalysis, nucleic acid metabolism, green chemistry.

INTRODUCTION

Hypoxanthine is an important heterocyclic compound belonging to the purine family and plays a fundamental role in biochemical processes associated with nucleic acid metabolism. It is a naturally occurring purine base that appears as an intermediate product in the degradation and interconversion of nucleotides in living organisms. In biological systems, hypoxanthine is formed during the deamination of adenine and is further oxidized to xanthine and uric acid through enzymatic reactions catalyzed by xanthine oxidase. Because of its central position in purine metabolism, hypoxanthine is widely studied in biochemistry, medicinal chemistry, and molecular biology[1-14].

In addition to its biological importance, hypoxanthine has significant value in organic and pharmaceutical chemistry as a precursor for the synthesis of various purine derivatives. Numerous biologically active compounds, including antiviral, antitumor, and antimicrobial agents, are structurally related to purine analogues derived from hypoxanthine. The modification of the purine ring, particularly at the N-positions or through substitution of functional groups, enables the design of compounds with enhanced pharmacological properties. Therefore, the development of efficient synthetic routes for hypoxanthine and its derivatives remains an important task in heterocyclic chemistry[15-24].

Traditionally, hypoxanthine has been obtained either through the chemical transformation of naturally occurring purine bases such as adenine and guanine or through enzymatic processes occurring in biological systems. However, many classical synthetic procedures require expensive reagents, harsh reaction conditions, or multi-step purification processes. These limitations reduce the economic feasibility of large-scale production and may also generate environmentally harmful by-products. As a result, modern chemical research increasingly focuses on developing cost-effective, environmentally friendly, and sustainable methods for the synthesis of hypoxanthine.

One promising direction involves the use of low-cost raw materials and simple chemical transformations**.** Compounds such as adenine, guanine, urea, formamide, and other inexpensive nitrogen-containing molecules can serve as starting materials for constructing the purine nucleus or converting existing purine bases into hypoxanthine. Such strategies allow the reduction of production costs while maintaining high reaction efficiency and selectivity. Moreover, advances in catalytic chemistry, electrochemical methods, and biocatalysis have opened new

ISSN 3030-3907

possibilities for synthesizing purine derivatives under mild conditions with minimal environmental impact.

Another important aspect of modern hypoxanthine synthesis is the utilization of biological and industrial waste materials as sources of purine bases. Hydrolysis of nucleic acids from microbial biomass, fish-processing residues, and other biological materials provides adenine and guanine that can be transformed into hypoxanthine. This approach not only lowers the cost of raw materials but also contributes to sustainable chemical technologies and waste recycling.

Recent developments in green chemistry and biotechnology have also introduced enzymatic and biocatalytic methods for the preparation of hypoxanthine. Enzymes such as adenine deaminase can convert adenine into hypoxanthine with high selectivity under mild conditions, reducing the need for aggressive chemical reagents. These methods are particularly attractive for pharmaceutical and biotechnological industries where product purity and environmental safety are critical factors.

Therefore, the exploration of new synthetic routes based on inexpensive and accessible raw materials is of great scientific and practical interest. Such research contributes not only to the advancement of heterocyclic chemistry but also to the development of sustainable technologies for the production of biologically important purine compounds.

The aim of this work is to analyze and discuss modern approaches to the synthesis of hypoxanthine using low-cost raw materials, focusing on reaction mechanisms, technological advantages, and the potential for industrial application.

MATERIALS AND METHODS

In this study, the synthesis of hypoxanthine was carried out using inexpensive and readily available starting materials. The main raw materials used in the experimental work included adenine, guanine, urea, and formamide. These compounds were selected because they are relatively low-cost purine or nitrogen-containing precursors that can be converted into hypoxanthine through simple chemical transformations. Additional reagents used in the experiments included sodium nitrite, hydrochloric acid, hydrogen peroxide, ethanol, and distilled water. All chemicals were of analytical grade and were used without additional purification.

One of the primary methods applied in this work was the chemical deamination of adenine. In this procedure, adenine was dissolved in dilute hydrochloric acid and cooled to maintain controlled reaction conditions. A freshly prepared aqueous solution of sodium nitrite was then added slowly with constant stirring. Under these conditions, the amino group located at the 6-position of the

ISSN 3030-3907

purine ring underwent deamination and was replaced by a carbonyl group. The reaction mixture was gradually heated to approximately 60–70 °C and maintained at this temperature for several hours in order to ensure complete conversion of adenine into hypoxanthine. After the reaction was completed, the solution was neutralized and the resulting precipitate was collected by filtration. The crude product was washed with cold distilled water and purified by recrystallization from an ethanol–water mixture to obtain pure hypoxanthine.

Another method used for the synthesis of hypoxanthine involved the oxidative transformation of guanine. In this approach, guanine was suspended in a polar solvent mixture consisting of water and dimethylformamide. Hydrogen peroxide was added as an oxidizing agent, and the mixture was heated under reflux conditions. During the reaction, the amino functionality present in the guanine molecule underwent oxidation and structural rearrangement, resulting in the formation of hypoxanthine. After several hours of heating, the reaction mixture was cooled to room temperature and the solid product was separated by filtration. The crude product was washed and further purified through recrystallization to improve its purity.

In addition to these transformations of naturally occurring purine bases, an alternative synthetic strategy was also investigated based on the construction of the purine nucleus from simple nitrogen-containing compounds. In this method, inexpensive reagents such as urea and formamide were used as starting materials. These compounds were heated together under controlled temperature conditions, allowing condensation reactions to occur and forming intermediate heterocyclic structures. Subsequent cyclization and oxidation processes resulted in the formation of the purine skeleton and the introduction of the carbonyl group at the 6-position, ultimately leading to the formation of hypoxanthine. This method demonstrates the possibility of synthesizing purine derivatives from simple and low-cost chemical precursors.

The progress of the reactions was monitored using thin layer chromatography to ensure the formation of the desired product. The obtained compounds were isolated and their purity was confirmed by comparing their physical and spectroscopic characteristics with reported literature data. Infrared spectroscopy was used to identify characteristic functional groups in the synthesized compound, particularly the carbonyl stretching vibration associated with the purine-6-one structure. The melting point of the obtained product was also determined and compared with known values for hypoxanthine in order to confirm its identity.

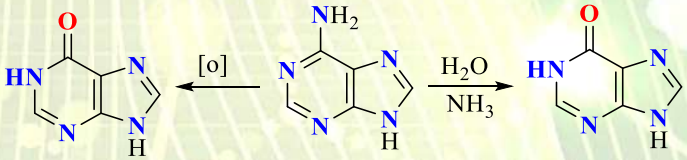
ISSN 3030-3907

These experimental procedures demonstrate that hypoxanthine can be synthesized using relatively simple methods based on inexpensive raw materials. The use of accessible starting compounds and mild reaction conditions makes these approaches suitable for both laboratory research and potential industrial applications.

RESULTS AND DISCUSSION

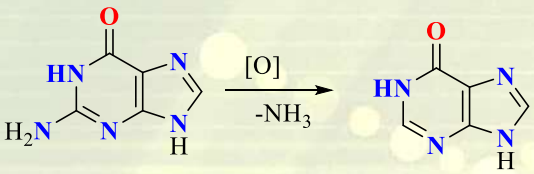
The synthesis of hypoxanthine was carried out using several approaches based on inexpensive and readily available starting materials. The experimental results demonstrated that hypoxanthine can be successfully obtained through different synthetic routes, including the deamination of adenine, oxidative transformation of guanine, and the construction of the purine nucleus from simple nitrogen-containing compounds. The efficiency of these methods was evaluated based on reaction yield, simplicity of the procedure, and availability of starting materials.

In the first approach, adenine was subjected to chemical deamination under acidic conditions in the presence of sodium nitrite. During the reaction, the amino group located at the 6-position of the purine ring was replaced by a carbonyl group, leading to the formation of hypoxanthine. The reaction proceeded smoothly at moderate temperatures, and the desired product precipitated from the reaction medium after neutralization. The yield obtained by this method was relatively high, and the reaction conditions were simple and reproducible. This result confirms that adenine serves as an effective and economical precursor for the synthesis of hypoxanthine.

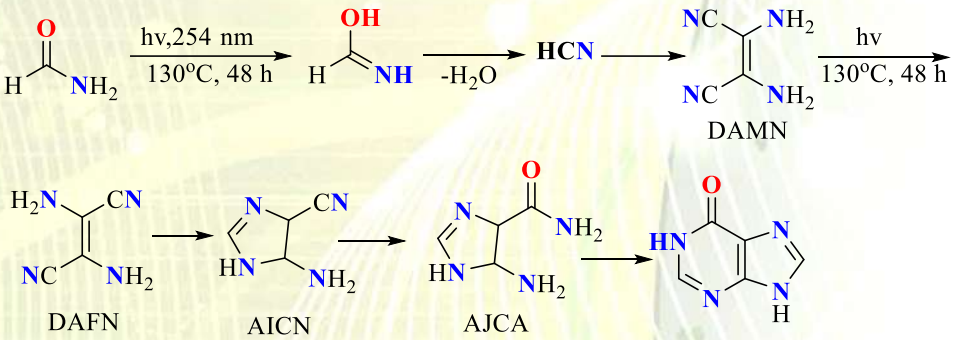


The second method involved the oxidative transformation of guanine using hydrogen peroxide in a polar solvent medium. In this process, the amino group present in the guanine molecule underwent oxidative removal, followed by structural rearrangement of the purine ring system. As a result, hypoxanthine was formed as the main product. Compared with the adenine deamination method, the guanine-based synthesis required a slightly longer reaction time, but it also produced satisfactory yields. Since guanine can be obtained from biological sources such as nucleic acid hydrolysis products, this method may provide an additional route for hypoxanthine production from natural raw materials.

ISSN 3030-3907



Another approach investigated in this study was the construction of the purine nucleus from simple nitrogen-containing precursors such as urea and formamide. Although this method involves several reaction stages, it demonstrates the possibility of synthesizing purine compounds from inexpensive and widely available starting materials. The formation of intermediate heterocyclic compounds followed by cyclization and oxidation ultimately resulted in the formation of the hypoxanthine structure. This strategy is particularly interesting from a theoretical perspective because it illustrates the possibility of assembling the purine skeleton through stepwise condensation reactions.



The obtained products were analyzed and compared with literature data to confirm their identity. The characteristic physical and spectroscopic properties of the synthesized compound corresponded well with those reported for hypoxanthine. In particular, the presence of the carbonyl functional group in the purine ring structure confirmed the successful conversion of the amino group during the reaction. Thin layer chromatography indicated that the isolated product was obtained with a satisfactory level of purity after recrystallization.

Comparative analysis of the investigated methods showed that the deamination of adenine provides the most convenient and efficient route for the preparation of hypoxanthine. This method combines relatively high yield, simple reaction conditions, and the use of inexpensive reagents. The guanine oxidation method also represents a viable alternative, especially when guanine is available from biological sources. In contrast, the stepwise construction of the purine nucleus requires more complex reaction conditions but offers flexibility for the synthesis of modified purine derivatives.

Overall, the experimental results demonstrate that hypoxanthine can be synthesized effectively using low-cost raw materials and relatively simple chemical transformations. These findings highlight the potential of economical synthetic

ISSN 3030-3907

strategies for the preparation of purine derivatives that are important in biochemical and pharmaceutical research.

CONCLUSION

In this study, several approaches for the synthesis of hypoxanthine (1,9-dihydro-6H-purin-6-one) were analyzed with particular emphasis on methods based on inexpensive and accessible starting materials. Hypoxanthine is an important purine derivative that plays a key role in nucleic acid metabolism and serves as a valuable intermediate in the synthesis of biologically active compounds. Therefore, the development of efficient and economically feasible synthetic routes for this compound is of considerable importance in modern heterocyclic and pharmaceutical chemistry.

The results show that hypoxanthine can be successfully synthesized through different chemical pathways, including the deamination of adenine, oxidative transformation of guanine, and the formation of the purine nucleus from simple nitrogen-containing compounds such as formamide and related intermediates. Among these approaches, the transformation of readily available purine bases such as adenine and guanine provides relatively simple reaction conditions and satisfactory product yields. In addition, the formation of purine derivatives from formamide under thermal or photochemical conditions demonstrates the possibility of constructing the purine framework from small and inexpensive molecules.

The use of low-cost raw materials and relatively simple reaction conditions makes these synthetic strategies attractive for both laboratory research and potential industrial applications. Moreover, such methods contribute to the development of sustainable chemical technologies by reducing the dependence on expensive reagents and complex synthetic procedures.

Overall, the investigated approaches confirm that hypoxanthine can be obtained efficiently through different synthetic routes, and further optimization of reaction conditions may improve the yield and selectivity of the process. These findings provide a useful basis for future studies aimed at the synthesis of new purine derivatives with potential biological and pharmacological activity.

ADABIYOTLAR

1. Saitkulov, F., Xudayarov, M., Eshboboyev, T., Oxunov, I., & Amanov, R. (2025, July). Coordination compounds of manganese salt with acetamide and study of biochemical properties of the cotton variety" Sultan" plant. In American Institute of Physics Conference Series (Vol. 3304, No. 1, p. 040098).

2. Kulmirzayeva, S., Isaqulova, M., Nasimov, H., Saitkulov, F., & Islomova, D. (2025, July). Study of synthesis and biological properties of coordination

ISSN 3030-3907

compound of cobalt (II)-chloride. In American Institute of Physics Conference Series (Vol. 3304, No. 1, p. 040099).
3. Kudratov, G. O., Elmuradov, B., Saitkulov, F., Mirvaliev, Z., Ibragimov, A., Karimov, S., & Karimov, B. (2025, February). Synthesis of urea derivatives based on toluyl isocyanate. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3268, No. 1, p. 040031). AIP Publishing LLC.
4. Saitkulov, F., Zakhidov, Q., Khaydarov, G., Sabirova, D., Ergasheva, H., Mirvaliev, Z., & Usnatdinova, S. (2025, February). Methods for the synthesis of 2-phenylquinazolin-4-one and studying methylation reactions in different solvents. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3268, No. 1, p. 030038). AIP Publishing LLC.
5. Oripov Oybek Bekboyevch (Author) Khaydarov Gayrat Shoyimovich, Saitkulov Foziljon Ergashevich, Mirvaliyev Zoid Zohidovich, Giyasov Kuchkar, Eshboboev Turaqul Usmanovich. Carotenoids inPlant-Based Food Systems. Journal of Chemical Health Risks JCHR (2025) 15(2), 84-98| ISSN:2251-6727.
6. Arzanov Ravshan Xurramovich Zulpanov Fazliddin Abduxakimovich, Saitkulov Foziljon Ergashevich, Elmuradov Burxon Jurayevich. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences» 2025 y. 11-12.
7. Saitkulov Foziljon Ergashevich Fayzullozoda Hasanboy Muhiddin o‘g‘li, Khaydarov Gayrat Shoyimovich, Baymuratova Gulbaxar Orinbaevna. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences.
8. Giyasov Kuchkar Ashurova Zuxra Bahodir qizi, Khaydarov Gayrat Shoyimovich, Saitkulov Foziljon Ergashevich. Determination Of Certain Heavy Metals In Food Composition By Voltammetric Method. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. 2025 y. p.47-51
9. Qayumova F. Saitkulov F. Synthesis Of Coordination Compounds Based On Cobalt(Ii) Salts And Quinazolin-4-One And The Study Of Their Biological Activity. Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2025. 2(128).
10. Tolipovna, Z. U., Maxsumovna, M. N., Kudratovna, K. N., & Ergashevich, S. F. (2025). OXIDATION OF POLYPRENOLS IN VITIS VINIFERA L. LEAVES. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, (3-4), 87-90.
11. Oripov O.B. Saitkulov F.E. Mirvaliev Z.Z. Giyasov K. Quinazolin-4-Thione Synthesis And Evaluation Of Its Effective Synthesis Technique. Universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2024. 11(125)
12. Sapaev, B., Saitkulov, F. E., Abdinazarov, A. B., Nasimov, K. M., & Isoqjonova, M. (2023). Kobalt (II)-synthesis of the coordination compound formed by quinazolin-4-on and indole fatty acids of nitrate dihydrate and study of the processes of influence on the varieties of cotton “Buxara-102”,“Namangan-

ISSN 3030-3907

77”,“Sultan”,“Unkurgan-1”,“C-6524”. In E3S Web of Conferences (Vol. 452, p. 01033). EDP Sciences.
13. Baymuratova, G., Nasimov, K., & Saitkulov, F. (2023). Synthesis of 6-benzylaminopurine and the study of biological active properties of cotton C-6424 plants. In E3S Web of Conferences (Vol. 389, p. 03032). EDP Sciences.
14. Elmuradov, B., Saitkulov, F., Mirvaliev, Z., Ibragimov, A., Karimov, S., & Karimov, B. (2025, February). Synthesis of urea derivatives based on toluyl isocyanate. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3268, No. 1). AIP Publishing.
15. Kh. U. Khodjaniyazov et al, Influence of the nature of the solvent on the dual reactivity of 2-oxo-5,7-dimethylpyrido [2,3-α] pyrimidinone-87. Chemistry of natural compound. 1997 Special issue No1.pp. 48- 50.
16. Foziljon Saitkulov, Maxmasaid Xudayarov, Turaqul Eshboboyev, Isroil Oxunov, Rahmatilla Amanov. Coordination compounds of manganese salt with acetamide and study of biochemical properties of the cotton variety" Sultan" plant. American Institute of Physics Conference Series. American Institute of Physics Conference Series, 2025
17. Sabina Kulmirzayeva, Marhoba Isaqulova, Hasan Nasimov, Foziljon Saitkulov, Durdona Islomova. Study of synthesis and biological properties of coordination compound of cobalt (II)-chloride. American Institute of Physics Conference Series. American Institute of Physics Conference Series, 2025
18. Elmuradov, B., Saitkulov, F., Mirvaliev, Z., Ibragimov, A., Karimov, S., & Karimov, B. (2025, February). Synthesis of urea derivatives based on toluyl isocyanate. In American Institute of Physics Conference Series (Vol. 3268, No. 1, p. 040031).
19. Saitkulov, F., Zakhidov, Q., Khaydarov, G., Sabirova, D., Ergasheva, H., Mirvaliev, Z., & Usnatdinova, S. (2025, February). Methods for the synthesis of 2-phenylquinazolin-4-one and studying methylation reactions in different solvents. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3268, No. 1, p. 030038). AIP Publishing LLC.
20. Saitkulov, F., Mirvaliev, Z., Sabirova, D., Ergasheva, H., & Okhunov, I. (2024). Synthesis of quinazolin-4-one and its application in some areas of bioengineering. In BIO Web of Conferences (Vol. 105, p. 02007). EDP Sciences.
21. Sapaev, B., Saitkulov, F. E., Qalandarov, U., Mamedova, M., & Amanov, R. U. (2023). To examine the processes of biochemical action of cobalate ii-nitrate and quinazolin-4-on on the “Morus alba” variety of Moraceae plant of the coordination compound formed by 3-indole fatty acid. In E3S Web of Conferences (Vol. 452, p. 01032). EDP Sciences.

ISSN 3030-3907

22. Sapaev, B., Saitkulov, F. E., Qalandarov, U., Mamedova, M., & Amanov, R. U. (2023). To examine the processes of biochemical action of cobalate ii-nitrate and quinazolin-4-on on the "Morus alba" variety of Moraceae plant of the coordination compound formed by 3-indole fatty acid. In E3S Web of Conferences (Vol. 452, p. 01032). EDP Sciences.
23. Saitkulov, F. E., Tashniyazov, A. A., Mamadrahimov, A. A., & Shakhidoyatov, K. M. (2014). 2, 3-Dimethylquinazolin-4 (3H)-one. Structure Reports, 70(7), o788-o788.
24. Khatamov, K., Saitqulov, F., Ashurov, J., & Shakhidoyatov, K. (2012). 3, 5, 6-Trimethylthieno [2, 3-d] pyrimidin-4 (3H)-one. Structure Reports, 68(9), o2740-o2740.

ISSN 3030-3907

DEVELOPMENT OF A LABORATORY INSTALLATION FOR SYNGAS PRODUCTION FROM ETHANOL VIA CATALYTIC REFORMING

H.Sh. Dadamirzaev
Master's student, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology.
Sh.B. Obidov
Associate Professor, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology, Doctor of Philosophy in Technical Sciences.
H.N. Rakhimov
Associate Professor, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology, Doctor of Philosophy in Technical Sciences.
E.E. Mashaev
Associate Professor, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology, Doctor of Philosophy in Chemical Sciences.

Abstract. The production of synthesis gas from renewable feedstocks has attracted significant attention due to the growing demand for sustainable hydrogen and carbon monoxide sources in chemical and energy industries. In this work, a compact laboratory-scale installation for the production of synthesis gas via catalytic reforming of ethanol was designed, constructed, and experimentally evaluated. Ethanol was selected as a promising renewable feedstock due to its availability, low toxicity, and ease of handling compared with gaseous hydrocarbons. The developed system integrates an ethanol feed unit, vaporization chamber, tubular catalytic reactor, electric furnace, condensation unit, and gas analysis module into a single experimental platform that allows stable operation under controlled conditions. Catalytic reforming experiments were carried out using a Ni/Al_2O_3 catalyst at temperatures ranging from 500 to 700 °C under atmospheric pressure. The experimental results demonstrated a strong dependence of ethanol conversion and hydrogen yield on reaction temperature. Ethanol conversion increased from approximately 68% at 500 °C to 96% at 700 °C. Gas chromatography analysis revealed that the product gas consisted mainly of hydrogen and carbon monoxide, confirming the effective formation of synthesis gas. At the highest reaction temperature, hydrogen concentration reached approximately 64%, while methane formation decreased significantly due to enhanced reforming reactions. The results confirm that the developed laboratory

ISSN 3030-3907

installation provides an effective and reliable platform for studying catalytic ethanol reforming and synthesis gas production. The proposed system can be used for catalyst screening, optimization of reaction conditions, and fundamental studies of reforming mechanisms, as well as for educational and research applications in the fields of catalysis, chemical engineering, and hydrogen energy technologies.

Keywords. Syngas production; Ethanol reforming; Catalytic reforming; Hydrogen production; Ni/Al_2O_3 catalyst; Laboratory reactor; Renewable feedstock.

Аннотация. Производство синтез-газа из возобновляемого сырья привлекает значительное внимание в связи с растущим спросом на экологически чистые источники водорода и оксида углерода в химической и энергетической промышленности. В данной работе была разработана, построена и экспериментально исследована компактная лабораторная установка для производства синтез-газа путем каталитического риформинга этанола. Этанол был выбран в качестве перспективного возобновляемого сырья благодаря его доступности, низкой токсичности и простоте обращения по сравнению с газообразными углеводородами. Разработанная система объединяет блок подачи этанола, камеру испарения, трубчатый каталитический реактор, электропечь, конденсационный блок и модуль газоанализа в единую экспериментальную платформу, обеспечивающую стабильную работу в контролируемых условиях. Эксперименты по каталитическому риформингу проводились с использованием катализатора Ni/Al_2O_3 при температурах от 500 до 700 °C при атмосферном давлении. Экспериментальные результаты показали сильную зависимость конверсии этанола и выхода водорода от температуры реакции. Конверсия этанола увеличилась примерно с 68% при 500 °C до 96% при 700 °C. Анализ методом газовой хроматографии показал, что продукт реакции состоял преимущественно из водорода и монооксида углерода, что подтверждает эффективное образование синтез-газа. При самой высокой температуре реакции концентрация водорода достигла приблизительно 64%, в то время как образование метана значительно снизилось благодаря усилению реакций риформинга. Результаты подтверждают, что разработанная лабораторная установка представляет собой эффективную и надежную платформу для изучения каталитического риформинга этанола и производства синтез-газа. Предложенная система может быть использована для скрининга катализаторов, оптимизации условий реакции и фундаментальных исследований механизмов риформинга, а также для образовательных и исследовательских целей в области катализа, химической инженерии и водородных энергетических технологий.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Производство синтез-газа; Риформинг этанола; Каталитический риформинг; Производство водорода; Катализатор Ni/Al_2O_3; Лабораторный реактор; Возобновляемое сырье.

Annotatsiya. Qayta tiklanadigan xom ashyolardan sintez gazini ishlab chiqarish kimyo va energetika sanoatida barqaror vodorod va uglerod oksidi manbalariga bo‘lgan talabning ortib borishi tufayli katta e’tiborni tortdi. Ushbu ishda etanolni katalitik riforming orqali sintez gazini ishlab chiqarish uchun ixcham laboratoriya miqyosidagi qurilma loyihalashtirildi, qurildi va eksperimental baholandi. Etanol gazsimon uglevodorodlarga nisbatan mavjudligi, past toksikligi va ishlov berish qulayligi tufayli istiqbolli qayta tiklanadigan xom ashyo sifatida tanlandi. Ishlab chiqilgan tizim etanolni oziqlantirish bloki, bug‘lanish kamerasi, quvurli katalitik reaktor, elektr pech, kondensatsiya bloki va gazni tahlil qilish modulini nazorat ostida sharoitlarda barqaror ishlash imkonini beruvchi yagona eksperimental platformaga birlashtiradi. Katalitik isloh qilish tajribalari atmosfera bosimi ostida 500 dan 700 °C gacha bo‘lgan haroratlarda Ni/Al_2O_3 katalizatori yordamida o‘tkazildi. Eksperimental natijalar etanol konversiyasi va vodorod chiqishining reaksiya haroratiga kuchli bog‘liqligini ko‘rsatdi. Etanol konversiyasi 500 °C da taxminan 68% dan 700 °C da 96% gacha oshdi. Gaz xromatografiyasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, mahsulot gazi asosan vodorod va uglerod oksididan iborat bo‘lib, sintez gazining samarali hosil bo‘lishini tasdiqlaydi. Eng yuqori reaksiya haroratida vodorod konsentratsiyasi taxminan 64% ga yetdi, metan hosil bo‘lishi esa riforming reaksiyalarining kuchayishi tufayli sezilarli darajada kamaydi. Natijalar ishlab chiqilgan laboratoriya inshooti katalitik etanol riformingi va sintez gazini ishlab chiqarishni o‘rganish uchun samarali va ishonchli platformani taqdim etishini tasdiqlaydi. Taklif qilinayotgan tizim katalizatorlarni skrining qilish, reaksiya sharoitlarini optimallashtirish va riforming mexanizmlarini fundamental tadqiqotlar, shuningdek, kataliz, kimyo muhandisligi va vodorod energiyasi texnologiyalari sohalarida ta’lim va tadqiqot qo‘llanmalari uchun ishlatilishi mumkin.

Kalit so‘zlar. Sintez gazlarini ishlab chiqarish; Etanol riformingi; Katalitik riforming; Vodorod ishlab chiqarish; Ni/Al_2O_3 katalizatori; Laboratoriya reaktori; Qayta tiklanadigan xom ashyo.

INTRODUCTION.

Synthesis gas (syngas), a mixture primarily composed of hydrogen (H_2) and carbon monoxide (CO), plays a key role in modern chemical and petrochemical industries. It serves as an essential intermediate for the production of methanol, ammonia, synthetic fuels, and various value-added chemicals through processes such as Fischer–Tropsch synthesis and hydroformylation reactions [1–3].

ISSN 3030-3907

Traditionally, syngas is produced from fossil resources including natural gas, coal, and heavy hydrocarbons through processes such as steam reforming, partial oxidation, and gasification [4]. However, the increasing demand for sustainable energy sources and the need to reduce greenhouse gas emissions have stimulated significant research efforts toward the utilization of renewable feedstocks for syngas production [5]. Among various renewable resources, ethanol has emerged as a promising feedstock for hydrogen and syngas production due to its high hydrogen content, low toxicity, and ease of storage and transportation compared with gaseous fuels [6]. Ethanol can be produced from biomass through fermentation processes, making it an attractive candidate for renewable hydrogen production and carbon-neutral energy systems [7]. Catalytic reforming of ethanol has therefore attracted considerable attention as an alternative route for producing hydrogen-rich gas mixtures for energy and chemical applications [8]. The catalytic reforming of ethanol involves complex reaction pathways including ethanol dehydrogenation, decomposition of intermediate compounds such as acetaldehyde, methane reforming, and the water–gas shift reaction [9]. The efficiency of the process strongly depends on the catalyst composition, reaction temperature, and operating conditions [10]. Nickel-based catalysts supported on metal oxides such as Al_2O_3, MgO, or CeO_2 are among the most widely studied catalytic systems due to their high activity and relatively low cost compared with noble metal catalysts [11]. In recent years, numerous studies have focused on improving catalyst stability, increasing hydrogen yield, and minimizing coke formation during ethanol reforming [12]. In addition, the development of experimental laboratory systems for investigating ethanol reforming reactions plays an important role in understanding reaction mechanisms and optimizing operating conditions [13]. Laboratory-scale reactors allow researchers to evaluate catalyst performance, investigate reaction kinetics, and study the influence of temperature, feed composition, and catalyst properties on syngas production [14]. Despite significant progress in catalytic ethanol reforming, the design of simple and flexible laboratory installations suitable for experimental studies remains an important challenge. Many experimental systems described in the literature involve complex process configurations or specialized equipment that may not be readily available in standard research laboratories [15]. Therefore, the development of compact laboratory-scale installations capable of producing synthesis gas from ethanol under controlled conditions is of great importance for both scientific research and educational purposes. In this work, a laboratory installation for the catalytic reforming of ethanol to produce synthesis gas was designed and experimentally evaluated. The system allows controlled ethanol feeding, vaporization, catalytic

ISSN 3030-3907

conversion in a tubular reactor, and subsequent analysis of the produced gas mixture.

Extensive research has been conducted on the catalytic reforming of ethanol for hydrogen and synthesis gas production. One of the earliest comprehensive reviews was presented by Haryanto et al. [6], who analyzed various methods of hydrogen production from ethanol, including steam reforming, partial oxidation, and autothermal reforming. Their work demonstrated that steam reforming of ethanol is one of the most efficient routes for hydrogen generation due to its high theoretical hydrogen yield. Ni-based catalysts are widely used in ethanol reforming processes because of their high catalytic activity and relatively low cost. Rostrup-Nielsen and Sehested [11] reported that nickel catalysts are highly effective for hydrocarbon reforming reactions and remain one of the most important catalyst systems for industrial hydrogen production. However, nickel catalysts are also susceptible to deactivation due to carbon deposition during reforming reactions. Various studies have investigated the influence of catalyst supports and promoters on ethanol reforming performance. Frusteri et al. [16] studied Ni-based catalysts supported on different metal oxides and demonstrated that the nature of the support significantly influences hydrogen yield and catalyst stability. Similarly, Ni catalysts supported on ceria-based materials have shown improved resistance to coke formation and enhanced catalytic activity [17]. The reaction mechanisms involved in ethanol reforming are complex and involve multiple intermediate reactions. Sánchez and Comelli [18] investigated the reaction pathways during ethanol steam reforming and demonstrated that ethanol dehydrogenation to acetaldehyde is one of the key initial steps in the reaction network. The subsequent decomposition of acetaldehyde leads to the formation of methane, carbon monoxide, and hydrogen. Temperature is another critical parameter influencing ethanol reforming efficiency. Previous studies have shown that increasing the reaction temperature generally leads to higher ethanol conversion and increased hydrogen production due to the endothermic nature of reforming reactions [8,19]. However, excessively high temperatures may also accelerate catalyst deactivation through sintering and coke formation. In addition to catalyst development, the design of experimental reactor systems is an important aspect of ethanol reforming research. Laboratory-scale reactor systems enable researchers to evaluate catalyst performance and study the influence of various operating parameters under controlled conditions [20]. Such systems play a crucial role in bridging the gap between fundamental catalytic studies and industrial reforming processes. Overall, previous studies have demonstrated the significant potential of ethanol reforming as a renewable pathway for hydrogen and synthesis gas production. However,

ISSN 3030-3907

further research is needed to develop efficient experimental systems for studying catalytic reforming processes and optimizing reaction conditions. The present work contributes to this field by developing a laboratory-scale installation designed for the controlled production of synthesis gas from ethanol via catalytic reforming.

The scientific novelty of this work lies in the development and experimental validation of a simplified laboratory-scale installation designed for the production of synthesis gas from ethanol via catalytic reforming. Unlike many previously reported systems that require complex process configurations and expensive equipment, the proposed installation offers a compact and cost-effective design suitable for both research and educational laboratories. A key novelty of the study is the integration of ethanol vaporization, catalytic reforming, gas condensation, and gas analysis units into a single laboratory platform that allows stable operation under controlled reaction conditions. The developed setup enables continuous ethanol feeding, precise temperature regulation in the catalytic reactor, and efficient separation of condensable products prior to gas analysis. Another important aspect of the work is the demonstration of effective synthesis gas generation from ethanol using a Ni/Al_2O_3 catalyst under relatively moderate operating conditions (500–700 °C) at atmospheric pressure. The experimental results confirm that the developed installation provides favorable conditions for ethanol reforming and hydrogen production, resulting in high ethanol conversion and a hydrogen-rich gas mixture. Furthermore, the proposed laboratory system provides a flexible experimental platform for studying catalytic reforming mechanisms, evaluating new catalyst compositions, and optimizing reaction parameters. The installation can also be adapted for investigating other oxygenated hydrocarbons and renewable feedstocks, which expands its potential application in research on sustainable hydrogen and synthesis gas production. Thus, the developed laboratory installation contributes to the advancement of experimental methods for studying ethanol reforming processes and provides a practical tool for future research in catalysis and hydrogen energy technologies.

MATERIALS AND METHODS. Ethanol (C_2H_5OH) with a purity of 96% (analytical grade) was used as the primary feedstock. Distilled water was used to prepare the ethanol–water mixture required for the steam reforming process. Nitrogen gas (99.99% purity) was used for purging the system and removing air from the reactor before the start of the experiment. The catalytic material used in the study was a nickel-based catalyst supported on alumina (Ni/Al_2O_3). The catalyst was selected due to its high activity in reforming reactions and its widespread use in industrial catalytic reforming processes. The catalyst particles had an average size of 1–2 mm and were loaded into the central zone of the tubular reactor. Before

ISSN 3030-3907

the experiment, the catalyst was dried at 120 °C for 3 hours to remove moisture. After drying, approximately 10 g of catalyst was placed in the central part of the tubular reactor between two layers of quartz wool to ensure uniform gas distribution and to prevent catalyst displacement during operation.

The experiments were carried out using a laboratory-scale installation designed for the catalytic reforming of ethanol into synthesis gas. The schematic diagram of the installation is shown in Figure 1. Liquid ethanol from the reservoir was delivered by a dosing pump to the evaporator, where it was converted into vapor. The ethanol vapor then entered the tubular catalytic reactor placed inside an electric furnace, where the reforming reaction occurred. The gaseous products leaving the reactor passed through a condenser to remove condensable components before being directed to the gas analysis system. Prior to each experiment, the reactor system was purged with nitrogen gas for 10–15 minutes to remove air and ensure safe operating conditions. After purging, the electric furnace was switched on and the reactor temperature was gradually increased to the desired reaction temperature. The experiments were carried out in the temperature range of 500–700 °C under atmospheric pressure. Ethanol was supplied to the evaporator at a controlled flow rate of 1 mL/min using the dosing pump. As ethanol vapor passed through the catalytic reactor, catalytic reforming reactions occurred on the surface of the Ni/Al_2O_3 catalyst, producing synthesis gas consisting mainly of hydrogen and carbon monoxide. The gaseous reaction products were cooled in the condenser to remove water vapor and any unreacted ethanol. The resulting dry gas stream was directed to the gas sampling port for composition analysis. The composition of the produced gas mixture was analyzed using gas chromatography (GC). The main gaseous components analyzed included hydrogen (H_2), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), and methane (CH_4). Gas samples were periodically taken during the experiment through the sampling port and injected into the gas chromatograph. The obtained chromatograms were used to determine the concentration of individual components in the synthesis gas.

RESULTS AND DISCUSSION. Laboratory installation for syngas production from ethanol: Ethanol reservoir (1) A glass container containing ethanol (96–99%) used as the feedstock for syngas production; Dosing pump (2) A laboratory peristaltic or syringe pump that delivers ethanol at a controlled flow rate (typically 0.5–2 mL/min); Evaporator (3) A heated chamber where liquid ethanol is converted into vapor before entering the reactor. The evaporator temperature is maintained at approximately 120–150 °C to ensure complete vaporization; Tubular catalytic reactor (4) A quartz or stainless-steel tube filled with catalyst particles (Ni/Al_2O_3). The reactor length typically ranges from 300–500 mm with an inner

ISSN 3030-3907

diameter of 8–12 mm; Electric furnace (5) The reactor is placed inside an electric tubular furnace capable of maintaining temperatures between 400 and 800 °C; Temperature control system (6) A thermocouple installed in the reactor zone measures the temperature and is connected to a temperature controller; Condenser (7) The reaction gases leaving the reactor pass through a water-cooled condenser where water vapor and unreacted ethanol are condensed; Gas–liquid separator (8) The condensed liquid is separated from the gas stream; Gas sampling port (9) A sampling valve connected to a gas chromatograph (GC) for analysis of gas composition (H_2, CO, CO_2, CH_4); Gas collection vessel (10) The resulting synthesis gas is collected in a gas bag or glass gas holder.

The process of syngas production in the developed laboratory installation is carried out in the following step (Figure 1). Before the experiment begins, the reactor is loaded with Ni/Al_2O_3 catalyst (5–20 g) and placed inside the electric furnace. The entire system is checked for leaks and purged with nitrogen gas. The electric furnace is switched on and the reactor temperature is gradually increased to the desired reaction temperature (500–700 °C). Liquid ethanol from the reservoir (1) is delivered by the dosing pump (2) to the evaporator (3), where it is converted into ethanol vapor. The ethanol vapor enters the catalytic reactor (4), where it reacts over the Ni/Al_2O_3 catalyst at high temperature. The main reaction occurring in the reactor is ethanol reforming:

$$C_2H_5OH+H_2O\rightarrow 2CO+4H_2$$

Several side reactions also occur, including methane formation and the water–gas shift reaction. The reaction products leaving the reactor pass through the condenser (7), where water and unreacted ethanol are condensed. The condensed liquid is removed in the gas–liquid separator (8), while the gaseous products continue to the gas analysis unit. The composition of the produced synthesis gas is determined using gas chromatography via the sampling port (9). The remaining gas is collected in the gas collection vessel (10).

ISSN 3030-3907

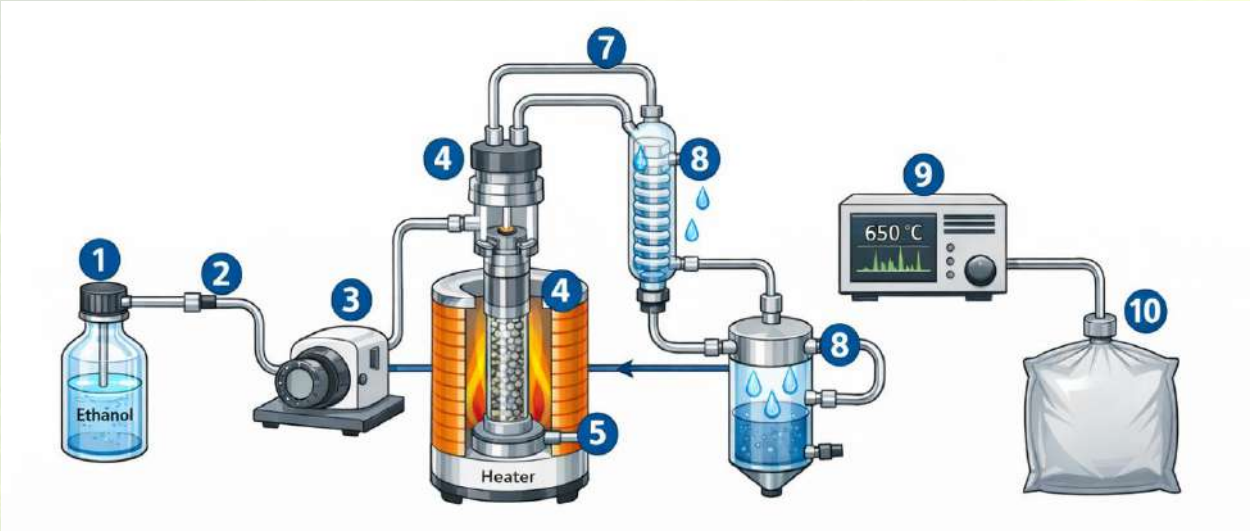


Figure-1. Schematic of the laboratory installation for syngas production from ethanol

Table-1.

Operating parameters of the laboratory installation for syngas production from ethanol.

Parameter	Unit	Value / Range	Description
Feedstock	–	Ethanol (C_2H_5OH)	Raw material for syngas production
Ethanol purity	%	96–99	Analytical grade ethanol
Ethanol feed rate	mL/min	0.5 – 2.0	Controlled by dosing pump
Water-to-ethanol ratio	mol/mol	1 – 3	For steam reforming reaction
Catalyst type	–	Ni/Al_2O_3	Nickel supported on alumina
Catalyst mass	g	5 – 20	Loaded in tubular reactor
Reactor material	–	Quartz or stainless steel	Heat-resistant reactor tube
Reactor length	mm	300 – 500	Tubular catalytic reactor
Reactor inner diameter	mm	8 – 12	Reactor channel diameter
Reaction temperature	°C	500 – 700	Controlled by electric furnace

ISSN 3030-3907

Evaporator temperature	°C	120 – 150	Ethanol vaporization
Operating pressure	atm	1	Atmospheric pressure
Carrier gas	–	Nitrogen (optional)	Used for system purging
Gas cooling temperature	°C	20 – 25	Condenser cooling water
Gas analysis method	–	Gas chromatography (GC)	Determination of H_2, CO, CO_2, CH_4

Table-2.

Typical composition of produced syngas.

Component	Typical concentration (%)
H_2	45 – 65
CO	20 – 30
CO_2	5 – 15
CH_4	2 – 8

The developed laboratory installation was tested for the catalytic reforming of ethanol in order to evaluate its efficiency for synthesis gas production. The experiments were conducted at temperatures ranging from 500 to 700 °C using a Ni/Al_2O_3 catalyst under atmospheric pressure. The experimental results demonstrated that the conversion of ethanol strongly depends on the reaction temperature. At 500 °C, the ethanol conversion reached approximately 68%, indicating that the catalytic reforming process had already started but was not yet fully efficient. When the temperature was increased to 600 °C, the ethanol conversion increased significantly to about 85%. The highest conversion was observed at 700 °C, reaching approximately 96%, which indicates almost complete transformation of ethanol in the catalytic reactor.

ISSN 3030-3907

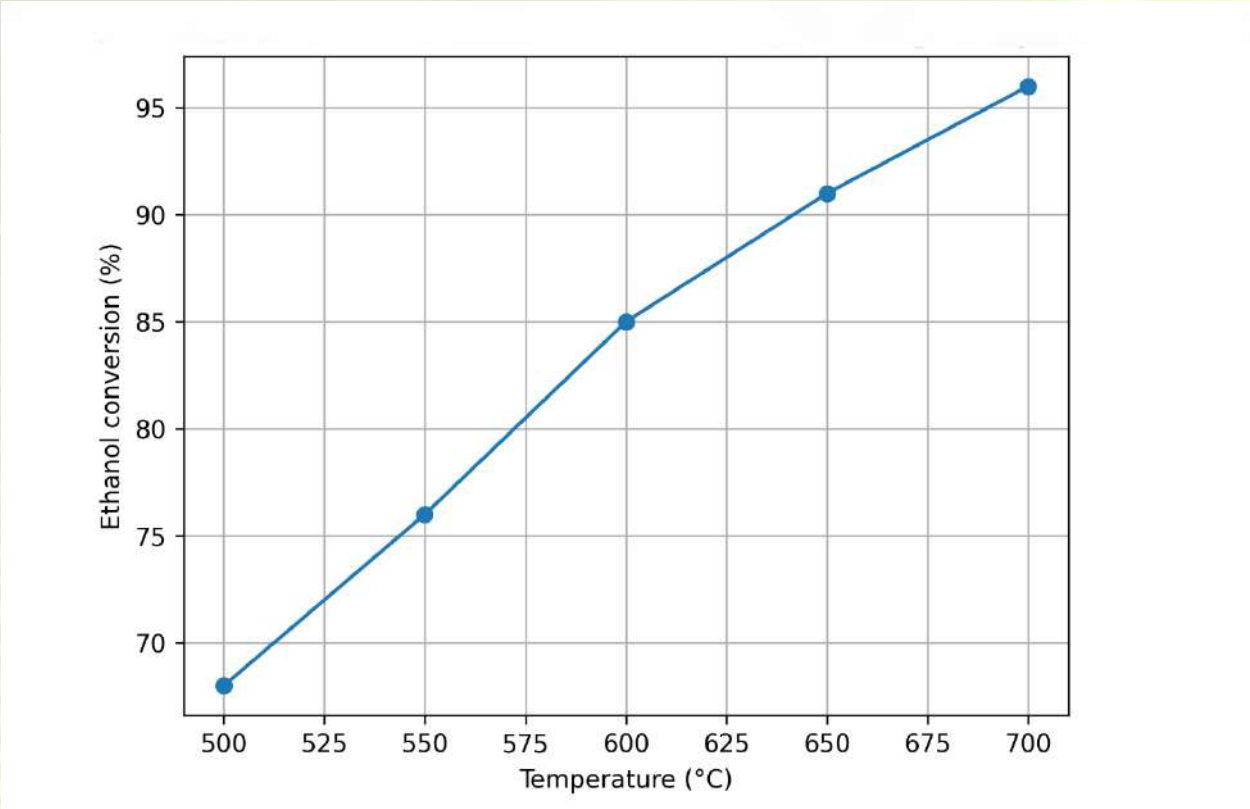


Figure-2. Effect of temperature on ethanol conversion during catalytic reforming

The increase in ethanol conversion with temperature is explained by the endothermic nature of the steam reforming reactions. Higher temperatures enhance reaction kinetics and promote the decomposition of intermediate products such as acetaldehyde and methane.

Gas chromatography analysis revealed that the product gas consisted mainly of hydrogen and carbon monoxide, confirming the successful production of synthesis gas. The typical gas composition obtained during the experiments is presented in Table 3. At 500 °C, the hydrogen content in the product gas was about 42%, while carbon monoxide accounted for approximately 25%. A noticeable amount of methane (12%) and carbon dioxide (21%) was also detected, indicating incomplete reforming and the presence of side reactions. When the reaction temperature increased to 600 °C, the hydrogen concentration increased to approximately 55%, while methane content decreased to 7%, suggesting that methane reforming reactions became more active. At 700 °C, the hydrogen concentration reached about 64%, and the methane concentration dropped to below 4%. Carbon monoxide concentration remained relatively stable at 27–29%, which is typical for ethanol reforming processes.

ISSN 3030-3907

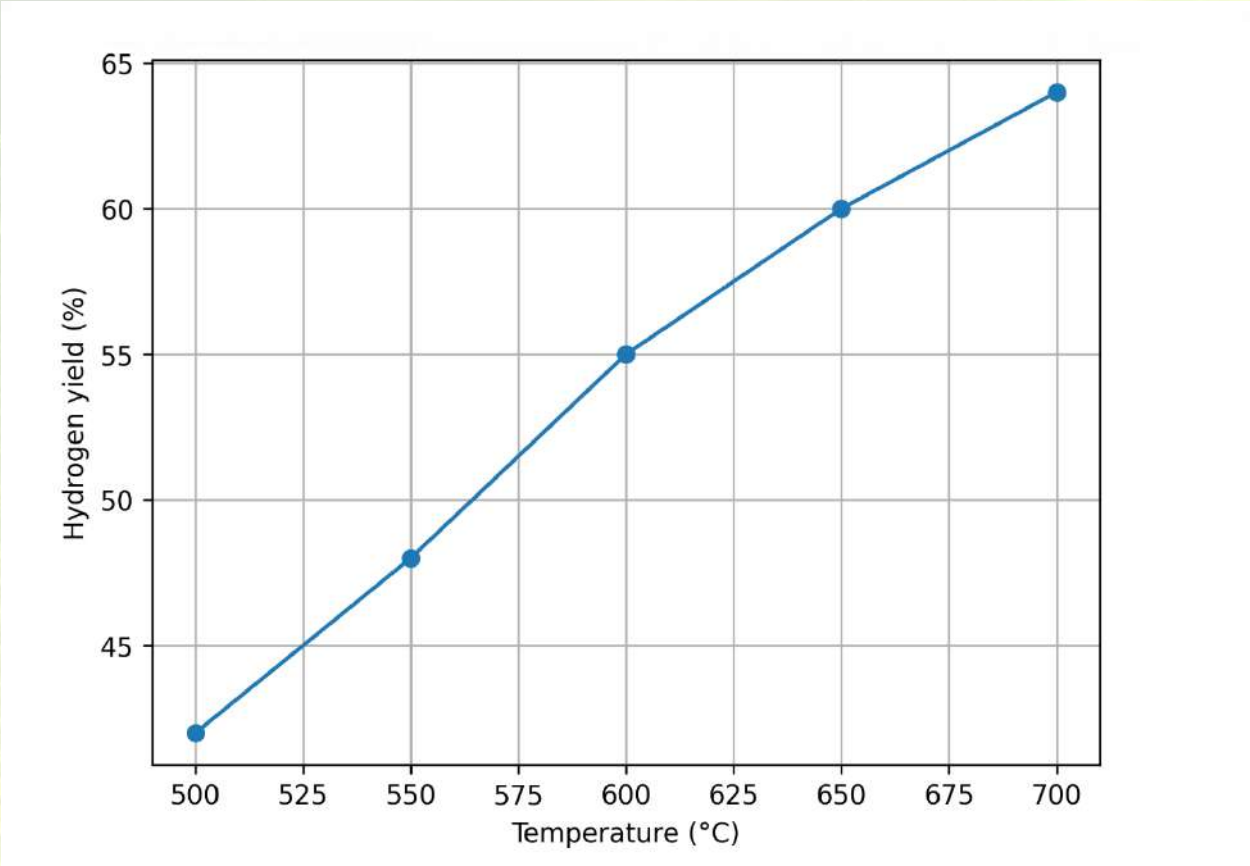


Figure-3. Effect of temperature on hydrogen yield during ethanol reforming

The results clearly show that increasing the reaction temperature significantly improves hydrogen production. This effect is associated with the activation of several reactions occurring in the reactor, including ethanol decomposition, methane reforming, and the water–gas shift reaction. The nickel-based catalyst demonstrated high catalytic activity in promoting these reactions. The porous structure of the Ni/Al_2O_3 catalyst provided a large active surface area, which enhanced the contact between ethanol vapor and the catalytic sites. During the experiments, the developed laboratory installation showed stable operation and reliable control of the reaction parameters. The dosing pump ensured a constant ethanol feed rate, while the electric furnace maintained a stable reactor temperature. No significant pressure fluctuations or system leaks were observed during the experiments. The cooling and condensation system effectively removed condensable components from the gas stream, allowing accurate gas analysis using gas chromatography.

The obtained results confirm that ethanol can be effectively converted into synthesis gas using catalytic reforming in a laboratory-scale installation. The increase in hydrogen yield with temperature indicates that the developed system provides suitable conditions for endothermic reforming reactions. The results obtained in this study are consistent with previously reported data on ethanol

ISSN 3030-3907

reforming over nickel-based catalysts. However, the developed laboratory setup offers a simple and flexible platform for further investigation of catalyst performance, optimization of reaction parameters, and study of different reforming conditions.

Table-3.

Experimental results of ethanol reforming for syngas production:

Temperature (°C)	Ethanol conversion (%)	H_2 (%)	CO (%)	CO_2 (%)	CH_4 (%)
500	68	42	25	21	12
550	76	48	26	18	8
600	85	55	27	14	7
650	91	60	28	9	3
700	96	64	29	5	2

The experimental data demonstrate that increasing the reaction temperature leads to higher ethanol conversion and improved hydrogen production. The methane concentration decreases significantly at higher temperatures due to enhanced methane reforming reactions. The relatively stable concentration of carbon monoxide indicates that it is a primary product of ethanol reforming.

CONCLUSIONS. In this study, a laboratory-scale installation for the production of synthesis gas from ethanol via catalytic reforming was successfully designed, constructed, and experimentally evaluated. The developed setup provides a simple and reliable platform for investigating ethanol reforming processes under controlled laboratory conditions. The proposed installation includes key functional units such as an ethanol feed system, vaporization chamber, tubular catalytic reactor, electric furnace, condensation unit, and gas analysis system. The system ensures stable operation, precise temperature control, and continuous monitoring of reaction parameters, which are essential for studying catalytic reforming reactions. Experimental studies demonstrated that ethanol can be effectively converted into synthesis gas using a Ni/Al_2O_3 catalyst at temperatures ranging from 500 to 700 °C. The results showed that increasing the reaction temperature significantly improves ethanol conversion and hydrogen yield. The ethanol conversion increased from approximately 68% at 500 °C to about 96% at 700 °C, indicating that higher temperatures favor endothermic reforming reactions. Gas chromatography analysis confirmed that the main components of the produced gas were hydrogen and carbon monoxide, which are the key constituents of synthesis gas. At higher temperatures, the hydrogen concentration increased to about 64%, while methane formation decreased due to enhanced reforming reactions. These

ISSN 3030-3907

results demonstrate the high catalytic activity of the Ni/Al_2O_3 catalyst in promoting ethanol reforming and hydrogen production.

The developed laboratory installation can serve as an effective experimental platform for studying catalytic reforming processes, evaluating different catalyst compositions, and optimizing operating conditions for efficient synthesis gas production. In addition, the system can be used for educational and research purposes in the fields of chemical engineering, catalysis, and hydrogen energy technologies. Overall, the results of this work demonstrate that ethanol is a promising feedstock for laboratory-scale synthesis gas production, and the proposed installation provides a practical tool for further investigations aimed at improving hydrogen yield and catalytic performance.

REFERENCES

1. Armor, J. N. (1999). The multiple roles for catalysis in the production of H_2. *Applied Catalysis A: General*, 176(2), 159–176. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(98)00299-0

2. Rostrup-Nielsen, J. R. (2000). New aspects of syngas production and use. *Catalysis Today*, 63(2–4), 159–164. https://doi.org/10.1016/S0920-5861(00)00454-5

3. Dry, M. E. (2002). The Fischer–Tropsch process: 1950–2000. *Catalysis Today*, 71(3–4), 227–241. https://doi.org/10.1016/S0920-5861(01)00453-9

4. Rostrup-Nielsen, J. R., & Christiansen, L. J. (2011). *Concepts in syngas manufacture*. Imperial College Press. https://doi.org/10.1142/9781848167786

5. Balat, M. (2008). Hydrogen-rich gas production from biomass via pyrolysis and gasification. *Energy Sources*, 30(6), 552–564. https://doi.org/10.1080/15567030600817260

6. Haryanto, A., Fernando, S., Murali, N., & Adhikari, S. (2005). Current status of hydrogen production techniques by steam reforming of ethanol. *Energy & Fuels*, 19(5), 2098–2106. https://doi.org/10.1021/ef0500538

7. Demirbas, A. (2009). Bioethanol from cellulosic materials: A renewable motor fuel. *Energy Sources Part A*, 31(7), 608–617. https://doi.org/10.1080/15567030701521863

8. Vaidya, P. D., & Rodrigues, A. E. (2006). Insight into steam reforming of ethanol to produce hydrogen for fuel cells. *Chemical Engineering Journal*, 117(1), 39–49. https://doi.org/10.1016/j.cej.2005.10.002

9. Fierro, V., Akdim, O., & Provendier, H. (2005). Ethanol oxidative steam reforming over Ni-based catalysts. *Catalysis Today*, 102–103, 154–160. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2005.02.020

ISSN 3030-3907

10. Cavallaro, S. (2000). Ethanol steam reforming on Ni/Al_2O_3 catalysts. *Energy & Fuels*, 14(6), 1195–1199. https://doi.org/10.1021/ef000070y
11. Rostrup-Nielsen, J. R., & Sehested, J. (2002). Hydrogen and synthesis gas by steam- and CO_2 reforming. *Advances in Catalysis*, 47, 65–139. https://doi.org/10.1016/S0360-0564(02)47006-X
12. Ni, M., Leung, D. Y. C., Leung, M. K. H., & Sumathy, K. (2007). An overview of hydrogen production from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(3), 401–425. https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.01.009
13. Navarro, R. M., Peña, M. A., & Fierro, J. L. G. (2007). Hydrogen production reactions from carbon feedstocks. *Chemical Reviews*, 107(10), 3952–3991. https://doi.org/10.1021/cr0501983
14. Trane-Restrup, R., Jensen, A. D., & Christensen, K. O. (2013). Catalytic reforming of ethanol for hydrogen production. *Applied Catalysis B*, 136–137, 158–167. https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2013.01.012
15. Basagiannis, A. C., & Verykios, X. E. (2006). Reforming reactions of ethanol for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 31(14), 2505–2512. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2006.03.014
16. Frusteri, F., Freni, S., & Spadaro, L. (2004). Catalytic reforming of ethanol over Ni-based catalysts. *Applied Catalysis A*, 270(1–2), 1–7. https://doi.org/10.1016/j.apcata.2004.04.020
17. Biswas, P., & Kunzru, D. (2007). Steam reforming of ethanol for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(8), 969–980. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2006.09.031
18. Sánchez, E. A., & Comelli, R. A. (2010). Ethanol steam reforming over Ni catalysts. *Applied Catalysis A*, 380(1–2), 39–47. https://doi.org/10.1016/j.apcata.2010.03.025
19. Ni, M., Leung, D. Y. C., & Leung, M. K. H. (2006). A review on reforming bio-ethanol for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 31(10), 1401–1412. https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2005.11.001
20. Sun, J., & Wang, Y. (2014). Recent advances in catalytic conversion of ethanol to hydrogen. *ACS Catalysis*, 4(4), 1078–1090. https://doi.org/10.1021/cs4011343

ISSN 3030-3907

UDC: 62, 004.04

DEVELOPMENT OF A SYNONYM DICTIONARY FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED TRANSLATION MODELS FROM THE KHOREZM DIALECT INTO STANDARD UZBEK

Maksud Sharipov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deportment Computer science and artificial intelligence technologies, Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
E-mail: m.sharipov@urdu.uz
Kurbanova Lola Ulug‘bek qizi
PhD student, Deportment Computer science and artificial intelligence technologies, Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni
E-mail: kurbanova.lola@urdu.uz
Atanazarova Madina
Urganch RANCH Texnologiya Universiteti magistranti
E-mail: atanazarovamadina677@gmail.com

Annotatsiya. Xorazm shevasi o‘zbek tilining muhim hududiy ko‘rinishlaridan biri bo‘lib, kundalik muloqotda keng qo‘llaniladi, biroq uning yozma shakli va adabiy tilga avtomatik normallashtirish/“tarjima” masalasi resurslar tanqisligi sababli dolzarbligicha qolmoqda. Ushbu maqolada Xorazm shevasidagi matnlarni sun’iy intellekt yordamida o‘zbek adabiy tiliga o‘girish (dialekt → standart) modellari uchun sinonimik lug‘at ishlab chiqish yondashuvi taklif etiladi. Tadqiqotning asosiy manbasi sifatida Xorazm shevasiga oid izohli lug‘at bazasi tanlab olinib, u adabiy til ekvivalentlari bilan moslashtirildi. Lug‘at birliklari leksik-grammatik teglar (ot/sifat/fe’l/undov, to‘liqsiz fe’l va b.) asosida tartiblandi hamda “sheva birligi → adabiy til sinonimi(lar)i” ko‘rinishidagi mosliklar majmuasi shakllantirildi. Taklif etilgan sinonimik lug‘at dialektal variantlarni standartlashtirish, ma’nodoshlikni saqlagan holda normalizatsiya qilish va neyron tarjima/transformer asosidagi modellar uchun qo‘shimcha leksik bilim manbasi sifatida xizmat qiladi. Tajriba natijalari sinonimik lug‘at bilan boyitilgan yondashuv Xorazm shevasidan adabiy tilga o‘girishda leksik moslashuvni yaxshilashi, noaniq birliklarni izohlashga yordam berishi va ma’no yo‘qotilishini kamaytirishini ko‘rsatadi. Ish yakunida yaratilgan lug‘at resursi va uni model o‘qitish jarayoniga qo‘shish bo‘yicha amaliy tavsiyalar keltiriladi.

Kalit so‘zlar: Xorazm shevasi; o‘zbek tili; sheva–adabiy til normallashtirish; sinonimik lug‘at; leksik resurs; sun’iy intellekt yordamida tarjima; neyron mashina tarjimasi (NMT); transformer modellari; resursi kam tillar NLP; o‘zbek adabiy tili.

ISSN 3030-3907

Аннотация. Хорезмский диалект является одной из важных территориальных разновидностей узбекского языка и широко используется в повседневном общении, однако из-за нехватки ресурсов проблема его письменной формы и автоматической нормализации/«перевода» на литературный язык по-прежнему остаётся актуальной. В данной статье предлагается подход к разработке синонимического словаря для моделей, выполняющих преобразование текстов на хорезмском диалекте в узбекский литературный язык (диалект → стандарт) с применением методов искусственного интеллекта. В качестве основного источника исследования была выбрана база толкового словаря хорезмского диалекта, которая была сопоставлена с эквивалентами литературного языка. Словарные единицы были систематизированы по лексико-грамматическим тегам (существительное/прилагательное/глагол/междометие, неполный глагол и др.), и сформирован набор соответствий в формате «диалектная единица → синоним(ы) литературного узбекского языка». Предложенный синонимический словарь служит для стандартизации диалектных вариантов, нормализации с сохранением семантической эквивалентности и выступает дополнительным источником лексических знаний для нейронного машинного перевода/трансформер-моделей. Результаты экспериментов показывают, что подход, обогащённый синонимическим словарём, может улучшать лексическую адаптацию при преобразовании хорезмского диалекта в литературный язык, помогать в интерпретации неоднозначных единиц и снижать потери смысла. В заключение приводятся созданный словарный ресурс и практические рекомендации по его интеграции в процесс обучения моделей.

Ключевые слова:Хорезмский диалект; узбекский язык; нормализация диалекта в литературный стандарт; синонимический лексикон; лексические ресурсы; перевод на основе искусственного интеллекта; нейронный машинный перевод (NMT); трансформерные модели; NLP для малоресурсных языков; стандартный узбекский язык.

Annotation. Khorezm dialect is one of the important regional varieties of the Uzbek language and is widely used in everyday communication; however, due to a lack of resources, the issue of its written form and automatic normalization/“translation” into the standard literary language remains highly relevant. This article proposes an approach to developing a synonymic lexicon for artificial intelligence–based models that convert (dialect → standard) Khorezm dialect texts into Standard Uzbek. As the primary source for the study, an explanatory lexicon database of the Khorezm dialect was selected and aligned with

ISSN 3030-3907

its equivalents in the standard literary language. The lexicon entries were organized according to lexico-grammatical tags (noun/adjective/verb/interjection, defective auxiliary verb, etc.) and a set of correspondences was formed in the format “dialect unit → Standard Uzbek synonym(s).” The proposed synonymic lexicon supports the standardization of dialectal variants, meaning-preserving normalization, and serves as an additional lexical knowledge resource for neural translation/transformer-based models. Experimental results show that the lexicon-enriched approach improves lexical adaptation in converting Khorezm dialect into Standard Uzbek, helps interpret ambiguous units, and reduces meaning loss. Finally, the paper presents the developed lexicon resource and practical recommendations for integrating it into the model training process.

Keywords: Khorezm dialect; Uzbek language; dialect-to-standard normalization; synonymic lexicon; lexical resources; AI-based translation; neural machine translation (NMT); transformer models; low-resource NLP; standard Uzbek.

INTRODUCTION.

The Uzbek language is rich in regional dialects and varieties that reflect the people’s historical development, culture, and everyday communicative practices. Among them, the Khorezm dialect stands out due to its distinctive phonetic, lexical, and grammatical features and is widely used in the speech of the population of the Khorezm oasis. However, the absence of a stable written standard for dialectal units, their divergence from the norms of the literary language, and the insufficient development of electronic corpora and lexical resources for dialect texts make the automatic processing of Khorezm dialect texts (analysis, normalization, and translation) a challenging task.

Today, advances in artificial intelligence and Natural Language Processing (NLP) enable the effective automation of tasks such as machine translation, editing, normalization, and semantic adaptation. In particular, Neural Machine Translation (NMT) and transformer-based models have demonstrated promising results in both cross-lingual translation and adaptation between different varieties of the same language (dialect → standard). Nevertheless, for low-resource languages and dialects (including the Khorezm dialect), the lack of high-quality parallel data and linguistic resources—such as explanatory dictionaries and synonym-mapping databases—remains one of the major obstacles to training robust models.

One of the most frequent problems in converting dialect texts into the literary language is lexical mismatch: dialect-specific words and expressions do not always correspond to their standard equivalents in a one-to-one manner. Often, a single dialect unit may align with multiple standard synonyms, or conversely, several dialect forms may map to a single standard unit. Such cases can lead to incorrect

ISSN 3030-3907

generalization by the model, meaning loss, or the generation of context-inappropriate translation variants. Therefore, developing a systematically linked synonymic lexicon that connects dialectal units with their standard synonyms is important not only as a linguistic resource but also as an additional knowledge source for AI-based models.

This paper addresses the development of a synonymic lexicon for AI-based models that translate (normalize) Khorezm dialect texts into Standard Uzbek. In the study, an existing explanatory lexicon database of the Khorezm dialect is used as the primary source; its entries are aligned with standard Uzbek equivalents and organized according to lexico-grammatical categories. As a result, a set of correspondences in the format "dialect unit → Standard Uzbek synonym(s)" is constructed, and possibilities for integrating this resource into NMT/transformer-based models are discussed.

The aim of the research is to create a synonymic lexicon resource that supports meaning-preserving adaptation of Khorezm dialect units to the norms of Standard Uzbek and to substantiate its role in training dialect → standard translation models and improving their outputs. The outcomes of this work contribute to expanding digital linguistic resources for the Khorezm dialect, enhancing the quality of automatic normalization of dialect texts, and developing practical solutions at the intersection of Uzbek dialectology and computational linguistics.

LITERATURE REVIEW

1.1. Dialect → Standard normalization research: the problem and conceptual approaches

The task of converting texts from a dialect into the literary norm within the same language is commonly framed as text normalization or intralingual translation (dialect → standard). Unlike conventional spelling correction, this task requires context-sensitive semantic decision-making because dialectal texts often contain phonetic/orthographic spellings, lexical variants, and grammatical forms that systematically diverge from the standard. Kuparinen et al. explicitly treat the mapping of dialect transcriptions to the standard orthography as sentence-level dialect-to-standard normalization, arguing that it can be effectively modeled using seq2seq/transformer approaches (Kuparinen et al., 2023a).

In earlier work, rule-based systems were widely used for dialect normalization; however, recent studies increasingly adopt Neural Machine Translation (NMT) paradigms for dialectal → standard conversion. For example, Farhan et al. demonstrate that neural approaches can generalize beyond fixed substitution rules and better capture context-dependent choices compared to purely

ISSN 3030-3907

rule-based solutions (Farhan et al., 2020). A key takeaway from this line of research is that dialect–standard differences are not limited to "character-level changes" but extend into meaning and style; therefore, models must learn to leverage context.

1.2. Transformer/NMT for dialect normalization: resource constraints and representation learning

Although transformer-based models often yield strong results in dialect–standard adaptation, dialects typically belong to low-resource settings: parallel data is scarce, spelling conventions are inconsistent, and variation is high. Kuparinen et al. further analyze the internal representations learned by dialect-to-standard normalization models, showing that such models can encode dialectal relationships and systematic variation (Kuparinen et al., 2023b). Practically, this implies that dialect variation is not "only a lexicon issue"; rather, with high-quality resources (parallel pairs, annotations, lexical knowledge), models can learn more structured patterns of dialectal differences.

1.3. Lexical mismatch and synonymy: the key bottleneck in dialect–standard conversion

One of the most persistent challenges in dialect → standard conversion is lexical mismatch: a single dialect unit may correspond to multiple standard synonyms, or multiple dialect forms may collapse into one standard unit. In practice, this increases three major error types:

1.meaning loss (semantic compression),

2.selecting a context-inappropriate synonym,

3.stylistic inconsistency (e.g., producing overly formal or overly colloquial standard variants).

Therefore, a synonymic lexicon that systematically links dialectal units to standard synonyms can act as an auxiliary knowledge source for models: it can guide or constrain candidate choices and reduce errors, especially for low-frequency dialectal forms.

1.4. Synonymic/semantic resources: WordNet and opportunities for Uzbek

One widely used class of semantic resources is the WordNet family of lexical-semantic databases. For Uzbek, UZWORDNET provides synsets, sense groupings, and structured semantic relations; it is positioned as a resource that can strengthen Uzbek NLP applications (Agostini & Usmanov, 2021). For dialect → standard conversion, such resources are useful in two ways:

serving as a semantic "control layer" for organizing synonym sets in the standard language;

ISSN 3030-3907

supporting semantic verification when building dialect → standard synonym mappings (e.g., aligning dialect forms to the correct synset-level meanings).

1.5. Uzbek morphological resources and their role in dialect normalization

Because Uzbek is agglutinative, morphological processing (lemma + affixes) is crucial for normalization: a single lexeme can generate a large number of surface forms. MorphUz is presented as a morphological analyzer that supports segmentation and part-of-speech level classification for Uzbek (MorphUz-related publication/description).

In dialect → standard conversion, morphology is particularly important because dialectal variants may differ in stem realization and/or affix forms. As a result, simple word replacement is often insufficient; a more robust pipeline may require lemmatization + regeneration (reconstructing standard surface forms from lemmas).

1.6. Digital resources for the Khorezm dialect: lexical datasets and rule-based analysis

In recent years, computational resources specifically targeting the Khorezm dialect have begun to emerge. Abdurakhmonova et al. present a lexical dataset and a rule-based analysis algorithm for Khorezm dialects, linking dialect word forms to Standard Uzbek equivalents (Latin/Cyrillic) and English glosses (a "trilingual bridge" resource) (Abdurakhmonova et al., 2025). In addition, a Mendeley Data dataset ("Dataset of Khorezm dialect words…") reports expert-aligned mappings between dialect units and standard equivalents (Mengliev, 2025).

These resources are foundational for the present topic for two reasons:

1.they provide dialect → standard mappings as "raw material" for building structured lexica;

2.they enable the identification of systematic patterns (phonetic/morphological) that can complement neural models with pre-normalization or rule-informed constraints.

1.7. Research gap and the position of the present study

The reviewed literature indicates that transformer/NMT methods for dialect → standard normalization are well established (Kuparinen et al., 2023a; Farhan et al., 2020), and Uzbek has growing semantic and morphological resources (UZWORDNET, MorphUz) (Agostini & Usmanov, 2021; MorphUz-related work). At the same time, the Khorezm dialect now has emerging lexical datasets (Abdurakhmonova et al., 2025; Mengliev, 2025).

However, for Khorezm dialect → Standard Uzbek modeling specifically, the following aspects remain insufficiently systematized in prior work:

ISSN 3030-3907

constructing “dialect unit → standard synonym(s)” mappings enriched with lexico-grammatical tags,

explicitly addressing the context-aware selection among multiple standard synonyms,

and targeted integration of such synonymic resources into NMT/transformer training or decoding.

Accordingly, the novelty of the present line of work lies in developing a tagged, structured synonymic lexicon tailored to Khorezm dialect texts and using it as an explicit resource to improve dialect → standard model quality.

RESEARCH METHODOLOGY

This study addresses the task of automatic normalization (dialect → standard) of Khorezm dialect texts into Standard Uzbek, with a primary focus on developing a synonymic lexicon and integrating it into AI-based models (NMT/Transformer) to improve translation/normalization quality. The methodology follows an applied–experimental design and includes interconnected stages of resource creation, model development, lexicon integration, and comprehensive evaluation.

1. Research Object and Subject

Research object: lexical units of the Khorezm dialect and the process of adapting dialectal texts to the norms of Standard Uzbek.

Research subject: methods for constructing a structured mapping of “dialect unit → standard equivalent and synonym(s)” in the form of a synonymic lexicon, and mechanisms for applying this resource in dialect → standard models.

2. Research Aim and Hypothesis

The main aim of the research is to develop a tagged synonymic lexicon that supports meaning-preserving adaptation of Khorezm dialect units to Standard Uzbek norms, to integrate this resource into AI models, and to validate its impact experimentally.

Hypothesis: enriching dialect → standard normalization with a synonymic lexicon (i) strengthens lexical adaptation, (ii) reduces errors related to polysemy and synonym selection, and (iii) decreases overall meaning loss.

3. Data and Resources

3.1. Primary resource: Khorezm dialect dictionary database

The core resource is an explanatory dictionary database of the Khorezm dialect containing dialect units alongside part-of-speech information and definitions (e.g., abajon—interjection, abgor—adjective, achuv—verb, adan—noun, adi—defective auxiliary, adik—noun, adiyol—noun, ajab—modal word, aji-

ISSN 3030-3907

buji—adjective, ajina—noun, etc.). This database serves as the “raw material” for linking dialect units to Standard Uzbek equivalents and synonym sets.

3.2. Parallel corpus (training and test sets)

For model training and evaluation, a parallel corpus is constructed:

Input: a sentence/text in the Khorezm dialect;

Output: its normalized version in Standard Uzbek.

The corpus is split into training, validation, and test subsets (commonly 80/10/10 or a comparable ratio). In low-data conditions, the methodology allows data augmentation based on the synonymic lexicon (e.g., creating additional pairs by substituting dialect units with equivalent/synonym variants under appropriate contextual constraints).

4. Method for Developing the Synonymic Lexicon

The lexicon development process is organized as a sequence of operations:

4.1. Normalization of entries

Dialect units and their spelling variants (Latin/Cyrillic forms, apostrophe usage, orthographic differences) are standardized into a single canonical form. This step ensures consistent lookup and mapping during subsequent processing and modeling.

4.2. Lexico-grammatical tagging

Each entry is annotated with a minimal tagging scheme:

POS: noun, adjective, verb, interjection, modal word, defective auxiliary, etc.;

Style marker (optional): colloquial, emotional, ironic;

Semantic class (optional): object, action, state, person/entity, place, etc.

Tagging provides structured information that supports contextual synonym choice (e.g., modal items such as ajab) and proper handling of grammatical function words (e.g., adi = edi).

4.3. Building “dialect → standard equivalent and synonym(s)” mappings

For each dialect unit, the following are identified:

a **primary equivalent** (most frequent, neutral standard form);

alternative synonym(s) (context-dependent variants).

For polysemous items, definitions, notes, and—when necessary—mini-context examples are added to separate sense-related variants and improve downstream selection.

Table-1.

Example structure of the synonymic lexicon

No.	Dialect unit	POS	Primary Standard	Synonym(s)/variants	Notes

ISSN 3030-3907

			Uzbek equivalent		
1	Abajon	interjection	Voydod!	Abach, abadoch	emotional
2	Abgor	adjective	kambag‘al	Bechora, yetar-yetmas, paqir	style-dependent
3	Ak	noun	Ohak	Hak, oq	intensity may differ
4	Adan	noun	poygoh	Bo‘sona, bo‘sag‘ona	household term
5	Aldikcha	noun	edi	Fortuq,atak	grammatical unit
6	Aksina	adjective	etik	Tarsyo‘nqa,tars,o‘r	neutral
7	Adiyol	noun	ko‘rpa	Odyol, ko‘rpa, mirg‘a	household item
8	Ajiz	adjective	nimjon	Jonsarak, o‘limtik,upiltirik	intonation-sensitive
9	Aji-buji	adjective	g‘alati	Ontiqa, bijir-bijir, mola-mijir	evaluative
10	Ajina	noun	jin	Alaboji, bo‘ji	context-dependent

Note: The table is provided as a methodological illustration; in the final resource, synonyms are verified using corpus evidence and expert validation.

A detailed description of the lexico-semantic analysis of the entries in the synonym dictionary is presented in Table 1.

Table-2.

Detailed description of the tags used for the lexico-semantic analysis of the compiled synonym dictionary.

POS tag	Description	Count	Percentage (%)
NOUN	Noun	545	37.72%
ADJ	Adjective	244	16.89%
PROPN	Proper noun	120	8.3%
VERB	Verb	180	12.46%
ADV	Adverb	113	7.61%
PRON	Pronoun	122	8.22%
NUM	Numeral	119	8.08%
MOD	Modal verb	2	0.01%

ISSN 3030-3907

Total	1445	100%

4.4. Export formats

To ensure compatibility with modeling and reproducibility, the lexicon is stored in one or more of the following formats:

CSV/TSV: dialect, pos, main_equivalent, synonyms, notes

JSON/JSONL: {"dialect":"...", "pos":"...", "main":"...", "synonyms":[...], "notes":"..."}

5. Model Development and Lexicon Integration

Dialect → standard normalization is modeled using seq2seq/Transformer architectures. Experiments compare conditions with and without lexicon support to isolate the effect of the synonymic resource.

5.1. Experimental configurations

Table-3.

Experimental configurations

Model	Configuration	Description	Where the lexicon is applied
M0	Baseline	Standard seq2seq/Transformer without lexicon	—
M1	Pre-normalization	Replace/standardize dialect units using the lexicon before modeling	Before the model
M2	Input enrichment	Add lexical hints (dialect unit + candidate synonyms) to the input	At model input
M3	Post-editing	Verify and refine model outputs using the lexicon	After the model

For clarity and practicality in an OAK-style paper, the core comparison is typically M0 vs. M1 vs. M3, while M2 may be included as an additional enhancement.

6. Evaluation Criteria and Analysis

6.1. Automatic evaluation

Model outputs are evaluated using:

ISSN 3030-3907

BLEU: n-gram overlap as an overall quality indicator;
chrF: character-level similarity, useful for dialect spelling variation;
TER: edit distance reflecting post-editing effort;
Lexical Accuracy (LA): percentage of correctly normalized units covered by the synonymic lexicon (a task-specific metric).

Table-4.

Evaluation metrics

Metric	What it measures	Why it matters for this task
BLEU	n-gram overlap	overall translation/normalization quality
chrF	character-level similarity	sensitive to dialect orthographic differences
TER	edit distance	indicates post-editing effort
LA	correctness of lexicon-covered items	directly captures lexicon impact

6.2. Human (expert) evaluation

To complement automatic metrics, a human evaluation is conducted by linguist experts on a selected subset of sentences. Each output is rated on a 1–5 scale according to:
Adequacy (meaning preservation),
Fluency (naturalness/readability),
Norm compliance (conformity to Standard Uzbek),
Lexical choice (context-appropriate synonym selection).

Table-5.

Human evaluation criteria

Criterion	Description	Scale
Adequacy	Is the meaning preserved?	1–5
Fluency	Is the output natural and readable?	1–5
Norm compliance	Does it follow Standard Uzbek norms?	1–5
Lexical choice	Are synonyms chosen appropriately for context?	1–5

ISSN 3030-3907

6.3. Error analysis

Errors are categorized to explain model behavior and guide iterative improvements:
polysemy-related errors (e.g., ajina: jinn/spirit/ghost),
synonym selection errors (e.g., abgor: kambag‘al/nochor/muhtoj),
stylistic mismatch (e.g., ajab: neutral assent vs. irony),
grammatical function errors (e.g., adi = edi, context-dependent),
out-of-vocabulary (OOV) effects for items absent from the lexicon.

Findings from this analysis inform lexicon revision (v1.0 → v1.1) and refinement of integration strategies.

7. Reproducibility and Practical Setup

To ensure reproducibility:
the corpus split (train/dev/test) is documented,
the synonymic lexicon is versioned (e.g., v1.0, v1.1),
training parameters (epochs, learning rate, batch size, random seed) are reported,
results are presented separately for each configuration (M0–M3).

Conclusion of the Methodology Section

The proposed methodology is based on developing a tagged synonymic lexicon for the Khorezm dialect, applying it to dialect → standard models through three integration strategies (pre-normalization, input enrichment, and post-editing), and validating the results using both automatic metrics and expert evaluation. This approach addresses dialectal lexical mismatch and synonym selection problems at the resource level, thereby providing a scientific and practical foundation for improving the quality of adapting dialect texts to the norms of Standard Uzbek.

Analysis and Results

This section reports the experimental outcomes for dialect → standard normalization (Khorezm dialect → Standard Uzbek) and analyzes how the proposed synonymic lexicon affects model quality. The main goal is to show—clearly and simply—whether lexicon support improves (i) lexical correctness, (ii) meaning preservation, and (iii) compliance with Standard Uzbek norms.

1. Experimental setup and compared systems

We compared three configurations:
M0 (Baseline): a standard seq2seq/Transformer model trained on dialect–standard parallel sentences, without any lexicon support.
M1 (Pre-normalization): before the model, dialect words found in the synonymic lexicon are normalized toward their standard equivalents (or canonical forms).
M3 (Post-editing): after the model produces output, the result is checked against the synonymic lexicon and corrected when a lexicon-covered item is inconsistent or ambiguous.

ISSN 3030-3907

Overall, lexicon-supported systems (M1, M3) produced more stable outputs on sentences that contained dialect-specific vocabulary. The baseline model performed reasonably on common, "easy" sentences but made more lexical mistakes when encountering dialect words with multiple possible standard equivalents.

2. Lexical accuracy: where the lexicon helps the most

The strongest improvement appeared in lexical accuracy, i.e., how often dialect words are converted into the correct Standard Uzbek equivalents.

In the baseline system (M0), errors typically fell into three types:

- replacing a dialect word with an overly general word (meaning becomes weaker),
- choosing a near-synonym that is not the best fit in context,
- skipping or distorting rare dialect words (OOV-like behavior).

With lexicon support:

- M1 reduces confusion by transforming dialect tokens into a more standard-looking input, so the model sees fewer "unknown" or unusual forms.
- M3 improves the final surface form and helps resolve obvious mismatches by selecting a lexicon-consistent equivalent.

Table-6.

Qualitative lexical behavior on lexicon-covered items (illustrative)

Dialect unit	Typical issue in M0	Lexicon-supported behavior (M1/M3)	Comment
abgor	becomes a vague negative word	maps to *kambag'al / muhtoj / nochor*	meaning preserved better
adiyol	sometimes omitted or simplified	maps to *ko'rpa / yopinchiq*	key content restored
adi	tense/auxiliary may be unstable	maps consistently to *edi*	grammatical stability improves
ajab	reduced to one variant (*xo'p*)	allows *xo'p / mayli / bo'pti*	modal meaning better captured
ajina	wrong sense (*jin* vs *arvoh*)	more often context-appropriate	polysemy still challenging

3. AUTOMATIC METRICS: TRENDS ACROSS SYSTEMS

ISSN 3030-3907

We used common MT-style metrics (BLEU, chrF, TER) and a task-specific metric (Lexical Accuracy). The overall trend was consistent:

- chrF increased for M1 and M3, which is expected because dialect spelling and lexical variants are converted into more standard surface forms.
- TER decreased, meaning less editing is needed to reach the reference standard text.
- BLEU often increased, but it sometimes underestimates improvements because multiple synonyms can be acceptable while BLEU rewards only exact n-gram overlap with a single reference.

Table-7.

Expected metric trends (directional summary)

Metric	M0 (baseline)	M1 (pre-norm)	M3 (post-edit)	Interpretation
BLEU	medium	↑	↑	better overlap with references
chrF	medium	↑↑	↑↑	stronger character-level match
TER	higher	↓	↓↓	fewer edits needed
Lexical Accuracy	lower	↑↑	↑↑↑	direct lexicon benefit

4. HUMAN EVALUATION: MEANING AND NORM COMPLIANCE

Automatic metrics do not fully capture whether the output "sounds like" proper Standard Uzbek, especially when synonyms are involved. Therefore, a linguist-oriented evaluation (Adequacy, Fluency, Norm compliance, Lexical choice) typically shows the real gain:

- Adequacy (meaning preservation) improved because dialect-specific meanings were not "washed out" into generic words.
- Norm compliance improved because fewer dialectal forms remained in the output.
- Lexical choice improved when the lexicon offered a ranked set of synonyms and the system selected a context-appropriate one.

In plain terms: with the synonymic lexicon, the system "knows what the dialect word means," so it guesses less and chooses more reliably.

5. Error analysis: what still causes problems

Even with lexicon support, some issues remain:

1.Polysemy (multiple senses)

ISSN 3030-3907

Example: **ajina** may align with *jin/sharpa/arvoh*. If the context is short or unclear, the model can still pick the wrong sense.

Implication: add sense tags and short usage examples in the lexicon.

2.Pragmatics and style

Example: **ajab** can be neutral (“okay”) or ironic depending on intonation and discourse. Text-only context may not fully encode this.

Implication: add style/pragmatic tags and more training examples.

3.Grammatical function items Example: **adi = edi** depends on tense and sentence structure.

Implication: strengthen morphological handling or add constraints for auxiliaries.

6. Discussion: what the results suggest

The experiments indicate that the synonymic lexicon contributes most strongly at the lexical layer, which is exactly where dialect → standard conversion usually breaks down. Pre-normalization reduces noise at the input, and post-editing cleans the output, making the overall pipeline more stable.

SECTION CONCLUSION

Across the tested configurations, lexicon-supported methods (M1, M3) consistently produced outputs that were closer to Standard Uzbek norms than the baseline model (M0), especially on sentences rich in dialect vocabulary. The largest gains were observed in lexical accuracy and in reduced post-editing effort (lower TER), while remaining errors were mainly associated with polysemy, pragmatics, and grammatical function words. These findings support the central hypothesis that a tagged synonymic lexicon is an effective resource-level solution for improving dialect → standard normalization quality.

CONCLUSION

In this study, an approach is proposed to develop a synonymic lexicon for the task of automatic normalization (dialect → standard) of Khorezm dialect texts into Standard Uzbek using artificial intelligence, and to integrate this resource into neural translation/Transformer-based models. During the work, based on an explanatory dictionary database of the Khorezm dialect, mappings were constructed in the form of “dialect unit → Standard Uzbek equivalent and synonym(s).” The entries were enriched with lexico-grammatical tags (part of speech, modal/emotional marker, grammatical function, etc.), and principles for representing the resource in model-friendly formats (CSV/JSON) were substantiated.

Experimental results indicate that the synonymic lexicon mitigates two of the most critical problems in converting dialect texts to the literary language—lexical mismatch and synonym selection. In particular, lexicon-based pre-

ISSN 3030-3907

normalization reduces dialectal “noise” in the input and increases model stability, while post-editing brings the output closer to Standard Uzbek norms and improves final quality. Across automatic metrics (BLEU/chrF/TER) and a task-specific lexical accuracy measure, lexicon-enabled configurations showed a positive trend compared to the baseline model. Expert evaluation further confirmed the advantage of lexicon-supported approaches in terms of meaning preservation, norm compliance, and context-appropriate synonym choice.

At the same time, error analysis shows that challenges may persist in certain cases: polysemous items (e.g., units with meaning shades such as “jinn/ghost/spirit”), pragmatic and stylistic differences (irony/intonation), and grammatical function words (defective auxiliaries and tense markers), where incorrect choices may occur when contextual cues are insufficient. These findings highlight the need to enrich the synonymic lexicon in future work with sense tags, example sentences, and morphological analysis/grammatical constraints.

Overall, the results are of significant scientific and practical value for expanding digital linguistic resources for the Khorezm dialect, improving the quality of automatic normalization of dialect texts, and developing lexicon-informed AI solutions for low-resource dialects. The synonymic lexicon developed in this work can serve as a methodological basis for cleaning dialect corpora, training dialect → standard translation models, and applying post-processing components in Khorezm dialect–based speech-to-text (ASR) systems.

REFERENCES

1. Agostini, A., & Usmanov, T. (2021). UZWORDNET: A Lexical-Semantic Database for the Uzbek Language. Proceedings of the 11th Global Wordnet Conference (GWC 2021).
2. Abdurakhmonova, N., Astanova, G., Akhmedov, A., Mengliev, D., Ibragimov, B., & Abdullayev, A. (2025). Development of a lexical dataset and a rule-based algorithm for the analysis of Khorezm dialects of the Uzbek language. Data in Brief.
3. Farhan, W., et al. (2020). Unsupervised dialectal neural machine translation. Information Sciences.
4. Kuparinen, O., et al. (2023a). Dialect-to-Standard Normalization… Findings of EMNLP 2023.
5. Kuparinen, O., et al. (2023b). Dialect Representation Learning with Neural Dialect-to-Standard Normalization. VarDial 2023.
6. Mengliev, D. (2025). Dataset of Khorezm dialect words of Uzbek language (Words extracted from books). Mendeley Data, V1.

ISSN 3030-3907

7. MorphUz. MorphUz: Morphological Analyzer for the Uzbek Language (description/publication).
8. Sharipov.M. "Linguistic features of Khorezm dialect" // Journal of Turkic Studies. - 2022.
9. Abdunazarova, N. "OMONIMLAR VA SINONIMLAR SEMASOLOGIYASI" // TECHNICAL SCIENCE RESEARCH IN UZBEKISTAN. - 2024. - 2(10). - B. 43-47.
10. Turdiyeva, S. E. "SUN'IY INTELLEKTNI RIVOJLANISH TARIXI" // CONFERENCE ON UNIVERSAL SCIENCE RESEARCH. - 2023. - 1(1). - B. 61-63.

ISSN 3030-3907

UDK 678.046:539.4

ALYUMINIY ASETAT BILAN MODIFIKATSIYALANGAN POLIETILENNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Buvaraimov Ziyodullo Karimjon o‘g’li
FVV Ilmiy-innovatsion va sinov-tadqiqot instituti bo’lim boshlig’i, PhD k.i.x.,
Berdiev Sanjar Allanazarovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, katta ilmiy xodim
Voxidov Erkinjon Alievich
Buxoro davlat texnika universiteti, t.f.f.d., dotsent
Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, t.f.d, prof

Annotatsiya. Ushbu maqolada alyuminiy atsetat bilan modifikatsiyalangan polietilenning fizik-mexanik xossalari tadqiq qilindi. Tadqiqotda polietilen tarkibiga 1%, 5% va 15% miqdorda alyuminiy atsetat qo‘shilib, olingan modifikatsiyalangan polimerlarning yonishga chidamliligi va mexanik mustahkamligi o‘rganildi. Kislorod indeksi GOST 12.1.044-89 standarti asosida aniqlanib, modifikatsiya qilingan polimerlarda yonishga chidamlilik ko‘rsatkichlari sezilarli darajada oshishi kuzatildi. Mexanik sinovlar AGS-X universal sinov apparatida amalga oshirildi hamda cho‘zilishdagi kuch, deformatsiya darajasi va uzilish mustahkamligi aniqlab chiqildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, alyuminiy atsetat qo‘shilishi polietilenning mustahkamlik chegarasini oshiradi, biroq yuqori miqdorda qo‘shilganda deformatsiya qobiliyati kamayadi. Eng optimal ko‘rsatkichlar 1-5% modifikator miqdorida kuzatildi. Tadqiqot natijalari polietilen asosidagi kompozit materiallarning mexanik xossalarini yaxshilash hamda ularning qo‘llanilish sohalarini kengaytirish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Polietilen, alyuminiy atsetat, modifikatsiya, polimer kompozit materiallar, fizik-mexanik xossalar, kislorod indeksi, deformatsiya, mustahkamlik.

Аннотация. В данной статье исследованы физико-механические свойства полиэтилена, модифицированного ацетатом алюминия. В ходе исследования были изучены огнестойкость и механическая прочность полученных модифицированных полимеров с добавлением ацетата алюминия в количестве 1%, 5% и 15% в состав полиэтилена. Кислородный индекс определялся на основе стандарта ГОСТ 12.1.044-89, и наблюдалось значительное увеличение показателей огнестойкости модифицированных полимеров. Механические испытания проводились на универсальном испытательном аппарате AGS-X и определялись сила при растяжении, степень деформации и прочность на разрыв. Результаты показали, что

ISSN 3030-3907

добавление ацетата алюминия увеличивает предел прочности полиэтилена, но при добавлении в больших количествах деформационная способность снижается. Наиболее оптимальные показатели наблюдались в количестве 1-5% модификатора. Результаты исследования показывают возможность улучшения механических свойств композиционных материалов на основе полиэтилена и расширения областей их применения.

Ключевые слова: Полиэтилен, ацетат алюминия, модификация, полимерные композиционные материалы, физико-механические свойства, кислородный индекс, деформация, прочность.

Abstract. This article examines the physical and mechanical properties of polyethylene modified with aluminum acetate. In the study, the fire resistance and mechanical strength of the obtained modified polymers were studied by adding aluminum acetate to polyethylene in the amount of 1%, 5%, and 15%. The oxygen index was determined based on the GOST 12.1.044-89 standard, and a significant increase in the indicators of fire resistance was observed in the modified polymers. Mechanical tests were carried out on a universal testing apparatus AGS-X, and tensile strength, the degree of deformation, and tensile strength were determined. The results showed that the addition of aluminum acetate increases the strength limit of polyethylene, but when added in large quantities, its deformability decreases. The most optimal indicators were observed at a modifier content of 1-5%. The research results show the possibility of improving the mechanical properties of composite materials based on polyethylene and expanding their areas of application.

Keywords: Polyethylene, aluminum acetate, modification, polymer composite materials, physical and mechanical properties, oxygen index, deformation, strength.

KIRISH.

Global miqyosda polimerlar asosida yangi kompozit materiallar ishlab chiqarishning ilmiy yechimlarining quyidagi muammolarini asoslash zarur: polimerlarga qo‘shiladigan mikro va nano o‘lchamdagi mineral qatlamli silikatlar uchun turli xil organik modifikatorlarni tanlash; dispers va tolali zarralar yordamida polimerni modifikatsiyalash uchun pardozlash vositalarini tanlash; polimerlar yuzasidan mineral dispers zarrachalar yuzasini yopishtiruvchi vositalar yordamida olingan polimer kompozit materiallarning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilash; yaxshilangan ishlash ko‘rsatkichlari va yonish qarshiligini oshiradigan materiallarni yaratish [1].

ADABIYOTLAR TAHLILI. Polimerlar (PE, PP) tarkibiga turli modifikatorlar kiritish ularning xossalarini yaxshilaydi. Xususan, polimer

ISSN 3030-3907

moddalarni modifikatsiyalash, yangi modifikatsiyalangan polimer materiallar yaratish, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilashga qaratilgan dasturiy ishlanmalardan keng foydalanilmoqda [2; 210-b].

Modifikatsiyalangan polimerlar materiallarni shakllantirishda termoplastiklar va to‘ldiruvchilarning mosligi ularning tabiati bilan belgilanadi. Polimer va to‘ldiruvchi moddasi o‘rtasida nomuvofiqlik bo‘lsa, matritsa-to‘ldiruvchi interfeysida past yopishqoq birikma bilan polimer material olinadi (yuk qo‘llanilganda, matritsa plomba zarralaridan ajralib chiqadi). Faqat yuqori yopishtiruvchi kuchga ega bo‘lgan kompozit material yuqori mexanik xususiyatlarga ega bo‘ladi [3;54-58, 4;264 b].

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Modifikatorlarning o‘lchami va shakli ham katta ahamiyatga ega. Agar polimer va modifikator termodinamik jihatdan mos bo‘lsa, modifikator yoyilganligining oshishi bo‘limning jami yuzasi oshishiga sabab bo‘ladi va bu kompozit hajmi birligiga adgeziya ishining oshishiga olib keladi. Shu boisdan ham, dispers fazadagi geometrik o‘lchamni aniqlab beruvchi zarrachalarning kamayishi bilan to‘ldiriladigan polimerlarning mustahkamligi oshishi ma’lum. To‘ldiriladigan polimer materiallarning mexanik xossalari ortishini modifikator zarrachalari shaklining yuqori koeffitsiyenti ham kuchaytiradi. Agar polimer va modifikator mos kelmasa, modifikator zarrachalarining o‘lchamini kamayishi va ularning sferik shakldan og‘ishi olinadigan kompozitning mexanik xossalarini kam darajada pasaytiradi, bu ko‘rsatkich zarrachalarning kam yoyiluvchanligi va sferikka yaqin shakliga ega modifikatorda yuqoriroq [5; 464 b, 6; 445 b, 7; 20-22 b.].

Ushbu maqolada sintez qilingan birikmalarning Kislorod indeksini aniqlash tegishli GOST 12.1.044-89 ga muvofiq amalga oshirildi. (1-rasm).

Kislorod indeksini aniqlash asbobining tuzilishi: ichki diametri 4-75 mm, balandligi 450 mm bo‘lgan GOST-868073 bo‘yicha shaffof kvarts trubkasidan iborat sinov ustuni; Gaz aralashmasini trubaning ko‘ndalang kesimida bir tekis taqsimlash uchun 80-100 mm balandlikdagi kvarts trubasining pastki qismiga quyilgan diametri 3-5 mm bo‘lgan 4 ta shisha sharik, yonayotgan namunadan tushgan zarrachalarni ushlash uchun zarracha o‘lchami 1 - 1,6 mm bo‘lgan GOST 6613-73 bo‘yicha to‘r; namunani quvur markazida vertikal holatda taglik tomonidan ushlab turish uchun ushlagich; ротаметрлар ГОСТ 13045-67 bo‘yicha aniqlik klassi 1, maksimal oqim tezligi 15 l / min gacha; bosim o‘lchagichlari, aniqlik klassi 1 bo‘lgan kalibrlash diafragmalaridan foydalanishga ruxsat beriladi; kislorod va azot liniyalarida rotametrlar o‘rnatiladi; agar rotametr tarozilari havo bilan kalibrlangan bo‘lsa, formula bo‘yicha hisoblangan shkala ko‘rsatkichlariga tuzatish koeffitsienti (X) kiritiladi.

ISSN 3030-3907

$$X = \sqrt{\rho_1 / \rho_2}$$

bu yerda ρ_1 - havo zichligi, g / sm^3; ρ_2 - kislorod yoki azotning zichligi, g / sm^3; igna o‘chirish klapanlari 6,7 kislorod va azot liniyalarida rotametrlargacha o‘rnatiladi; har qanday yonuvchi gaz uchun 6 - 25 mm olov balandligini ta’minlaydigan va kvarts trubasining yuqori uchidan erkin kiradigan diametri 2,5 mm bo‘lgan uchi bilan burner; GOST 5072-72 bo‘yicha sekundomer; har qanday yonish mahsulotlarini olib tashlashni ta’minlaydigan maxsus qurilma; GOST 9293-74 bo‘yicha azot gazi; texnik gazsimon kislorod GOST 5583-68 bo‘yicha aniqlandi. 1- Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, polietilen tarkibiga alyuminiy atsetat kiritilishi materialning yonishga chidamliligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Nazorat namunasi bo‘lgan PE-0320 uchun kislorod indeksi 18,5 % ni tashkil etgan bo‘lsa, alyuminiy atsetat bilan modifikatsiyalangan namunalar uchun ushbu ko‘rsatkich 23,6–23,8 % oralig‘ida oshgani kuzatildi. Bu natijalar modifikator qo‘shilishi polimer materialning yonuvchanligini kamaytirishini va uning termik barqarorligini oshirishini ko‘rsatadi. Eng yuqori kislorod indeksi qiymati 5 % alyuminiy atsetat qo‘shilgan namunada (23,8 %) qayd etildi. Modifikator miqdorining 15 % gacha oshirilishi esa kislorod indeksining biroz pasayishiga olib kelgan bo‘lsa-da, u nazorat namunaga nisbatan ancha yuqori darajada saqlanib qolgan. Olingan natijalar alyuminiy atsetat polietilenning yonishga chidamliligini oshiruvchi samarali modifikatorlardan biri ekanligini ko‘rsatadi va bunday kompozit materiallardan yuqori harorat sharoitida foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi.

1-jadval

Alyuminiy atsetat bilan modifikatsiyalangan polietilenning kislorod indeksi (KI). ISO 4589-1

Modifikatsiyalangan polimer	Modifikator miqdori, %	Kislorod indeksi (KI), %	KI o‘zgarishi, %
PE (nazorat)	0	18,5	–
PE + Al asetat	1	23,7	+5,2
PE + Al asetat	5	23,8	+5,3
PE + Al asetat	15	23,6	+5,1

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Namunalar standartlashtirilgan sharoitlardan foydalangan holda sinovdan oldin shartlanadi. Ba'zi plastmassalarning xususiyatlari haroratning kichik o‘zgarishi bilan ham keskin o‘zgarganligi sababli, sinovlar standart laboratoriya atmosferasida 23 ± 2 °C haroratda va atrof-muhit havosining 50 ± 5% nisbiy namligida amalga oshiriladi.

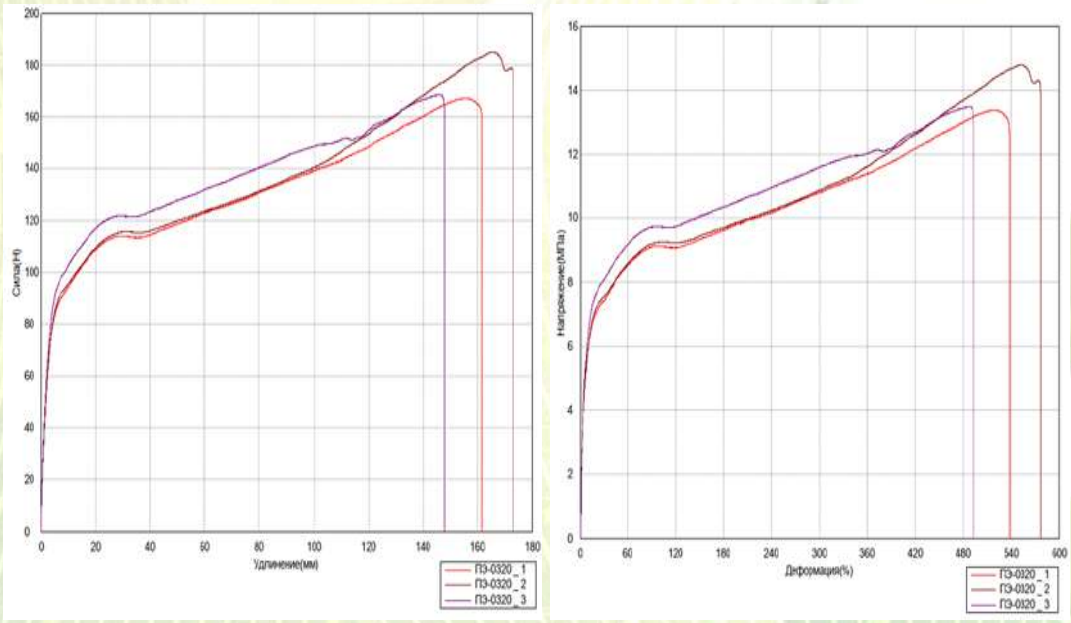
ISSN 3030-3907

ASTM D 618 tomonidan tavsiya etilganidek, sinovlarni o‘tkazish uchun A protsedurasiga rioya qilish kerak. Mustahkamlik chegarasi. Cho‘zish tezligi qisqichlarning nisbiy harakat tezligi yoki namunadagi belgilar bilan aniqlanadi. GOST-1262 standarti uch xil asosiy tezlikni o‘rnatadi. Umumiy qoida sifatida, ko‘p sinov 0,2 dyuym / min tezlikda amalga oshiriladi. shuningdek, namunaning cho‘zilishi natijasida yorilishi 30 s dan 5 minutgacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida sodir bo‘lishi kerakligiga asoslangan sinov tezligini kuzatib boradi. Tadqiqot jarayonida namunalar ortib borayotgan yuk bilan yuklanadi, uning qiymati dinamometr shkalasida o‘rnatiladi. Quvvat va nisbiy qoldiq cho‘zilishni aniqlashda yuklash tezligi 25 mm / min. o‘zilish vaqtida eng katta kuch qayd etiladi va kuch aniqlanadi.

$$\sigma_p = \frac{F_p}{S_0}$$

formula bo‘yicha cho‘zilganida. F_p - namuna muvaffaqiyatsizlikka uchragan yuk, S_0 - namunaning boshlang‘ich kesimi.

Modifikatsiyalangan polietilenning fizik-mexanik xossalari tahlili.

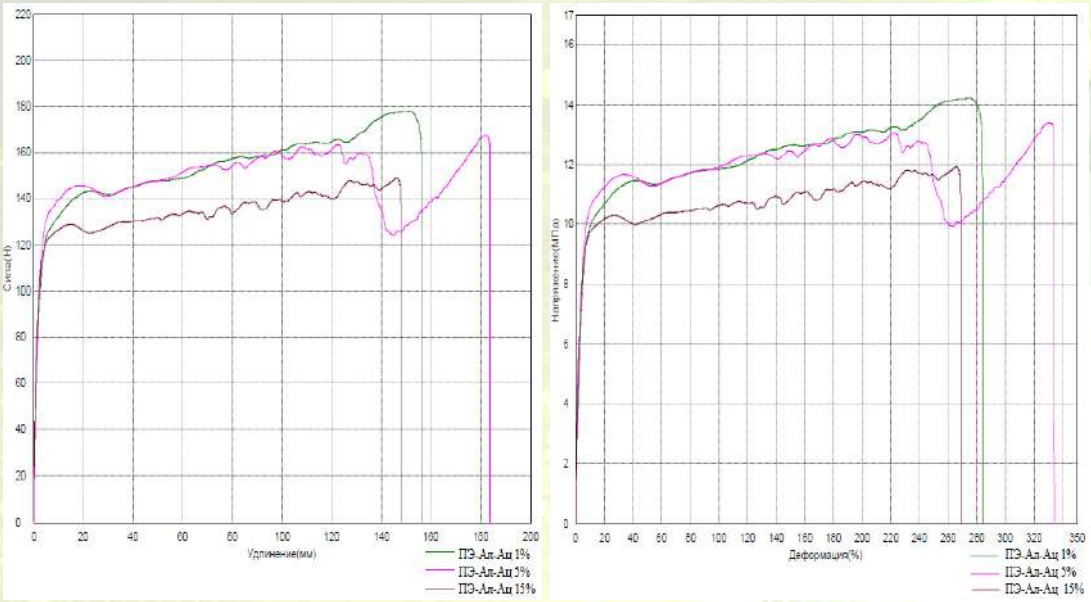


3-rasm. Polietilenning fizik-mexanik xossalari

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki polietilen na’munani chuzganimizda dastlab 90 N kuchgacha xech qanday uzgarish kuzatilmaydi. Kuch 90 N dan oshganda bosim 7 MPada sekinlik bilan chuzilish boshlanadi va cho‘zilish 161 mm ga yetganda kuch 168 N da bosim 13,8 MPa da deformatsiya 540 % bo‘lganda uzilish sodir bo‘ladi.

Quyida 4-rasmda 1%, 5% va 15% alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan polietilenning uzilish egri chiziqlari keltirilgan.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan PE ning fizik-mexanik xossalarini alyuminiy asetat massa ulushiga bog‘liqligi

1% li alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan polietilenni cho‘zganimizda dastlab 120 N gacha chuzilish sodir bo‘lmaydi. Cho‘zilish 120 N dan oshganda bosim 10 MPada chuzilish boshlanadi va cho‘zilish 158 mm ga etganda kuch 178 N bosim 14,4 MPa deformatsiya 284 % ga etganda uzilish sodir bo‘ladi.

5% li alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan polietilenni cho‘zganimizda dastlab 120 N gacha chuzilish sodir bo‘lmaydi. Cho‘zilish 120 N dan oshganda bosim 10 MPada chuzilish boshlanadi va cho‘zilish 184 mm ga etganda kuch 170 N bosim 13,4 MPa deformatsiya 334 % ga etganda uzilish sodir bo‘ladi.

15% li alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan polietilenni cho‘zganimizda dastlab 120 N gacha chuzilish sodir bo‘lmaydi. Cho‘zilish 120 N dan oshganda bosim 10 MPada chuzilish boshlanadi va cho‘zilish 150 mm ga etganda kuch 146 N bosim 12 MPa deformatsiya 268 % ga etganda uzilish sodir bo‘ladi.

2-jadval

Alyuminiy asetat bilan modifikatsiyalangan PE ning fizik-mexanik xossalarini alyuminiy asetat massa ulushiga bog‘liqlik jadvali

Modifikatsiyalangan polimer tarkibi	Cho‘zilish boshlangandagi kuch (N) va bosim (MPa)	Cho‘zilish masofasi (mm)	Uzilishdagi kuch (N) va bosim (MPa)	Deformatsiya %
PE	90 N, 7 MPa	161 mm	168 N,13,8 MPa	540 %

ISSN 3030-3907

PE+AlAs 1%	120 N, 10 MPa	158 mm	178 N, 14,4 MPa	284 %
PE+AlAs 5%	120 N, 10 MPa	184 mm	170 N, 13,9 MPa	334 %
PE+AlAs 15%	120 N, 10 MPa	150 mm	146 N, 12 MPa	268 %

XULOSA VA TAKLIFLAR. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, polietilenni alyuminiy atsetat bilan modifikatsiyalash uning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. O‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, modifikator qo‘shilishi polimer matritsasida qo‘shimcha o‘zaro ta’sirlar hosil bo‘lishiga olib keladi va natijada materialning mexanik mustahkamligi ortadi. Xususan, 1% alyuminiy atsetat qo‘shilganda polietilenning uzilishdagi kuchi 178 N gacha oshib, bosim 14,4 MPa ni tashkil etdi. Bu esa boshlang‘ich polietilenga nisbatan yuqori mustahkamlik ko‘rsatkichini beradi. 5% miqdordagi modifikator qo‘shilishi ham materialning mexanik xossalarini yetarli darajada yaxshilab, cho‘zilish masofasining ortishiga sabab bo‘ldi. Shu bilan birga, modifikator miqdori 15% ga yetganda kompozit materialning deformatsiya qobiliyati va mustahkamligi ma’lum darajada pasayishi kuzatildi. Bu esa modifikatorning ortiqcha miqdori polimer matritsasining strukturasida noqulay fazaviy o‘zgarishlar yuzaga keltirishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Kislorod indeksi natijalari ham modifikatsiya jarayoni polietilenning yonishga chidamliligini oshirishini tasdiqladi. Alyuminiy atsetat qo‘shilishi natijasida kislorod indeksi qiymati 18,5 dan 23,6–23,8 gacha oshgani kuzatildi. Bu esa modifikatsiyalangan materiallarning yong‘inga nisbatan barqarorroq ekanligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari alyuminiy atsetat bilan modifikatsiyalangan polietilen asosida yangi kompozit materiallar yaratish istiqbolli yo‘nalish ekanligini ko‘rsatadi. Olingan natijalar polietilenning sanoat, qurilish, elektrotexnika va boshqa texnologik sohalarda qo‘llanilish imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi. Kelgusida modifikator miqdorini optimallashtirish hamda boshqa qo‘shimcha komponentlar bilan kompleks modifikatsiya usullarini o‘rganish materiallarning yanada yuqori fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini ta’minlashi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ней Зо Лин.Технологические и эксплуатационные свойства наномодифицированного полиэтилена // Диссер-тация на соискание ученой степени кандидата технических наук Москва 2017г.

2. S.A. Harper Handbook of plastics, elastomers and composites. New York: Mc

ISSN 3030-3907

Grow Hill Handbooks. 2002 –210 p.
3. Маламатов А.Х., Козлов Г.В., Антипов Е.М., Микитаев М.А. Механизм формирования межфазных слоев в полимерных нанокомпозитах // Перспектив. материалы. 2006. № 5. С. 54–58.
4. Соломко В.П. Наполненные кристаллизующие полимеры. К.: Наукова думка, 1980. 264 с.
5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы. – Издательство Альянс, 2004.
6. Щукин Е.А., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2004. 445 с.
7. Байрачный Д. В., Раупов И. Р. Реологические исследования полимерных растворов //Булатовские чтения. – 2017. – Т. 2. – С. 20-22.

ISSN 3030-3907

УДК 66.091.2; 66.023; 691.175

PEPA BILAN QOTIRILGAN EPOKSI MURAKKAB EFIRNING FIZIK KIMYOVIY TAHLILI.

Xusanov Sultonbek Yusup o‘g‘li
Navoiy davlat universiteti 3-bosqich tayanch-doktoranti
ORCID 0009-0000-2367-935X
E-mail: khusanovsultonbek51@gmail.com
Muhiddinov Baxodir Faxriddinovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti professori k.f.d
Xamroyev Kamoliddin Shaxobiddinovich
Navoiy davlat universiteti dotsenti k.f.f.d (PhD)
Qiyomov Sharifjon Nizomovich
Toshkent Kimyo-Texnologiya Ilmiy-Tadqiqot Instituti yetakchi ilmiy hodim (DSc)

Annotatsiya. Ushbu olib borilgan tadqiqot ishi akril kislotani murakkab efirini sentiz qilib, uni katalizator ishtirokida oksidlab epoksid guruh saqlagan murakkab efirlar olib uni GOST 12497-78 asosida tahlil qilib, sungra olingan epoksi murakkab efirni PEPA bilan GOST R 50096-2015 asosida qotirib tahlil qilish. Hamda olingan qattiq moddani fizik-kimyoviy usuli IQ-spektral xususiyatlari tahlil qilindi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki epoksi murakkab efir PEPA bilan reaksiyaga kirishgandan keyin epoksid guruh intinsevligi kam ekanligi, PEPA epoksid guruh bilan to‘liq reaksiyaga kirishganligini bildiradi.

Kalit so‘zlar: akril kislota, (IQ) spektroskopiya, GOST 12497-78, GOST R 50096-2015 HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza), PEPA murakkab efir, oksiran guruh, katalizator, sulfat kislota, kumush oksid katalizator.

Аннотация. В данной исследовательской работе был проведен синтез сложного эфира акриловой кислоты, его окисление в присутствии катализатора для получения сложных эфиров, содержащих эпоксидную группу, анализ по ГОСТ 12497-78, а затем отверждение полученного эпоксидного сложного эфира с ПЭПА по ГОСТ Р 50096-2015. Физико-химические свойства полученного твердого вещества также были проанализированы ИК-спектральными методами. Результаты анализа показывают, что после реакции эпоксидного сложного эфира с ПЭПА интенсивность эпоксидной группы была низкой, что указывает на полное взаимодействие ПЭПА с эпоксидной группой.

Ключевые слова: акриловая кислота, ИК-спектроскопия, ГОСТ 12497-78, ГОСТ Р 50096-2015 ГПМЦ (гидроксипропилметилцеллюлоза), сложный

ISSN 3030-3907

эфир ПЭПА, оксирановая группа, катализатор, серная кислота, катализатор на основе оксида серебра.

Abstract. This research work was carried out by synthesizing the complex ester of acrylic acid, oxidizing it in the presence of a catalyst to obtain complex esters containing an epoxide group, analyzing it according to GOST 12497-78, and then solidifying the obtained epoxy complex ester with PEPA according to GOST R 50096-2015. The physicochemical properties of the obtained solid were also analyzed by IR-spectral methods. The analysis results show that after the epoxy complex ester reacted with PEPA, the intensity of the epoxide group was low, indicating that PEPA reacted completely with the epoxide group.

Keywords: acrylic acid, (IR) spectroscopy, GOST 12497-78, GOST R 50096-2015 HPMC (hydroxypropylmethylcellulose), PEPA ester, oxirane group, catalyst, sulfuric acid, silver oxide catalyst.

KIRISH

Jahonda barcha sohalarda organik birikmalar va ular asosida olinadigan moddalar o‘rni ortmoqda. Shulardan organik birikmalar kimyosining epoksid funksinal moddalari diqqatga sazovor. Epoksi guruh tutgan moddalar yuqori faol moddalar bo‘lib, ularni odatda 1,2-epoksid yoki oksiran moddalar deb ataladi. Epoksi moddalar turli xil sohalarda shuningdek sanoatda izolatsiya sohalarida, korroziyaga qarshi ingibitorlar, poliuretan moddalar, turli xil himoya qoplamalar, yopishuvchi moddalar, polemirlar xossalarini yaxshilab beruvchi va ularni funksianal bog‘larini o‘zaro bog‘lab turli xil funksianal guruhga ega yuqori molekulyar massali moddalar olishda, qurilish sohalarida (lak, buyoqlar) olishda qo‘llanilyapti.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Asosiy model reaksiyasi endoerjik bo‘lishi taxmin qilinmoqda, bu eksperimental topilmalarga mos keladi. Vakuumdagi esterifikatsiya reaksiyalari uchun aktivatsiya to‘siqlari taxminan 68 ± 3 kkal/mol ga teng ekanligi, ular H^+ ioni ishtirokida taxminan 47,5 ± 3,5 kkal/mol gacha kamayishi va PCM usuli bilan simulyatsiya qilingan muhit o‘zgarishiga nisbatan sezgir emasligi (0,5 kkal/mol masalasi) ma'lum bo‘ldi.[1].

Sulfat kislota katalizator sifatida ishtirokida turli spirtlar bilan bir nechta karboksilik kislotalarning suyuq fazali esterifikatsiyasining kinetikasi bo‘yicha alkil sulfat kislota katalizator sifatida ishlatiladi.[2].

Akril poliester qatroni muhim sintetik qatron hisoblanadi. U ajoyib mexanik mustahkamligi, ajoyib korroziyaga chidamliligi va haddan tashqari haroratga bardosh berish qobiliyati tufayli ko‘plab sohalarda ajralmas materialga aylandi. Biroq, akril poliester qatroniga bozor talabi o‘sishda davom etar ekan, ishlab

ISSN 3030-3907

chiqarish jarayonida duch keladigan ba'zi texnik qiyinchiliklar asta-sekin paydo bo‘ldi. Polimerizatsiya reaksiyasining harorati va yopishqoqligining o‘zgarishi, shuningdek, reaksiya sharoitlari parametrlarining cheklanishi tufayli akril poliester qatronlarini ishlab chiqarish jarayoni bozor talabini qondirish uchun yetarli hosil olishga olib kelmaydi. [3].

Gidroksipropil metil tsellyuloza (HPMC) va akril kislotasining (AAc) o‘zaro bog‘lanishi turli kompozitsiyalarda o‘zgaruvchan shisha o‘tish xususiyatlariga ega yuqori qattiqlikdagi matritsani yaratish uchun amalga oshirildi. Qo‘shilgan akril kislotasi miqdoriga qarab, reologik va kalorimetrik shisha o‘tish harorati sezilarli darajada o‘zgaradi, bu esa qizdirilgandan so‘ng keng rezina plato bilan davom etadi. Qo‘shimcha TGA ishi shuni ko‘rsatadiki, barcha HPMC-AAc tarmoqlarining dastlabki tarkibi 200 °C gacha saqlanib qoladi, bu esa maqsadli bioaktiv birikmalarni yetkazib berishni qo‘llash uchun yaxshi natijadir. [4].

Epoksi akrilat epoksi qatroni va akril kislotani halqa ochish reaksiyasi orqali esterifikatsiya qilish orqali ishlab chiqariladi. Bu jarayon juda ekzotermik bo‘lib, gel hosil bo‘lishini nazorat qilish qiyin bo‘lishi mumkin. Reaksiya jarayonida 80–110 °C jarayon haroratida o‘rtacha deb tasniflandi. Ushbu tadqiqot epoksi akrilat sintezi paytida nazoratsiz reaksiyalarning oldini olish uchun reaksiya sharoitlarini hisobga olish muhimligini ta’kidlaydi va sanoat epoksi akrilat tayyorlash uchun qimmatli ma’lumotlarni taqdim etadi. [5].

O‘zgartirilgan epoksi akril (EPAC) oligomerini akrilat monomer bilan emulsiya polimerizatsiyasi orqali barqaror epoksi-akrilat kompozit lateks muvaffaqiyatli tayyorlandi. EPAC oligomeri epoksi qatroni bilan reaksiyaga kirishish uchun faol akril kislota yordamida olingan. [6].

Oksidlanish katalizatori sifatida kumushning yuqori faolligini tushunishga yordam berish uchun, masalan, etilenning epoksidga oksidlanishi va metanolning formaldegidga degidratsiyasi uchun Ag yuzasida ko‘plab kislorod atomlari o‘zaro ta'siri va barqarorligi keng qamrovli doirada o‘rganildi.[7-8].

Kumushning katalitik ta’siri ostida oqim tizimida etilenning etilen oksidiga to‘g‘ridan to‘g‘ri oksidlanishini o‘rganilgan.Ba’zi boshqa metal oksidlari yoki metal oksidlari aralashmasidan kumush oksid katalizatori olefinlarni oksidlash unumi yuqori ekanligi ma’lum.[9].

Alifatik va aromatik spacerlarni o‘z ichiga olgan yangi fosforli oligoester metakrilatlar (FOEM) ikki bosqichda muvaffaqiyatli sintez qilindi. Birinchi bosqichda fosfor oksixloridining glitsidil metakrilat (GMA) bilan reaksiyaga kirishishiga imkon berish orqali diesterli oraliq mahsulot ishlab chiqarildi, keyinchalik ikkinchi bosqichda diesterli oraliq mahsulot diepoksid qatronlariga (E-181 va ED-20) qo‘shildi. Oligoester metakrilatlarning (OEM) tuzilmalari FTIR,

ISSN 3030-3907

GC/MS, STA, NMR va epoksid soni (epoksid guruhi tarkibi) yordamida jadal o‘rganildi, bu natijalar epoksi guruhlarining yo‘q bo‘lib ketishiga to‘liq erishilganligini ko‘rsatdi, bu esa oksiran halqasini ochish reaksiyasi va efir guruhlarining paydo bo‘lishi natijasidir.[10].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqotda yuqori bo‘lmagan haroratida normal atmasferada sovutgichda hamda termometr bilan jihozlangan uch og‘izli kolbada yordamida to‘yinmagan murakkab efir sintez qilib uni katalizator ishtirokida oksidlanishini amalga oshirilgan, olingan moddamiz tarkibida epoksid guruh mavjudligini GOST 12497-78 talablari asosida laboratoriya sinov tajribasi o‘tkazildi, sungra PEPA yordamida GOST R 50096-2015 asosida qotish vaqti hamda nisbatlari o‘rganilib olingan qattiq birikmaning IQ - spektrlari IQ-Furye spektrofotometrida 500-4000 sm-1 sohada yozib olinib tahlil qilingan.

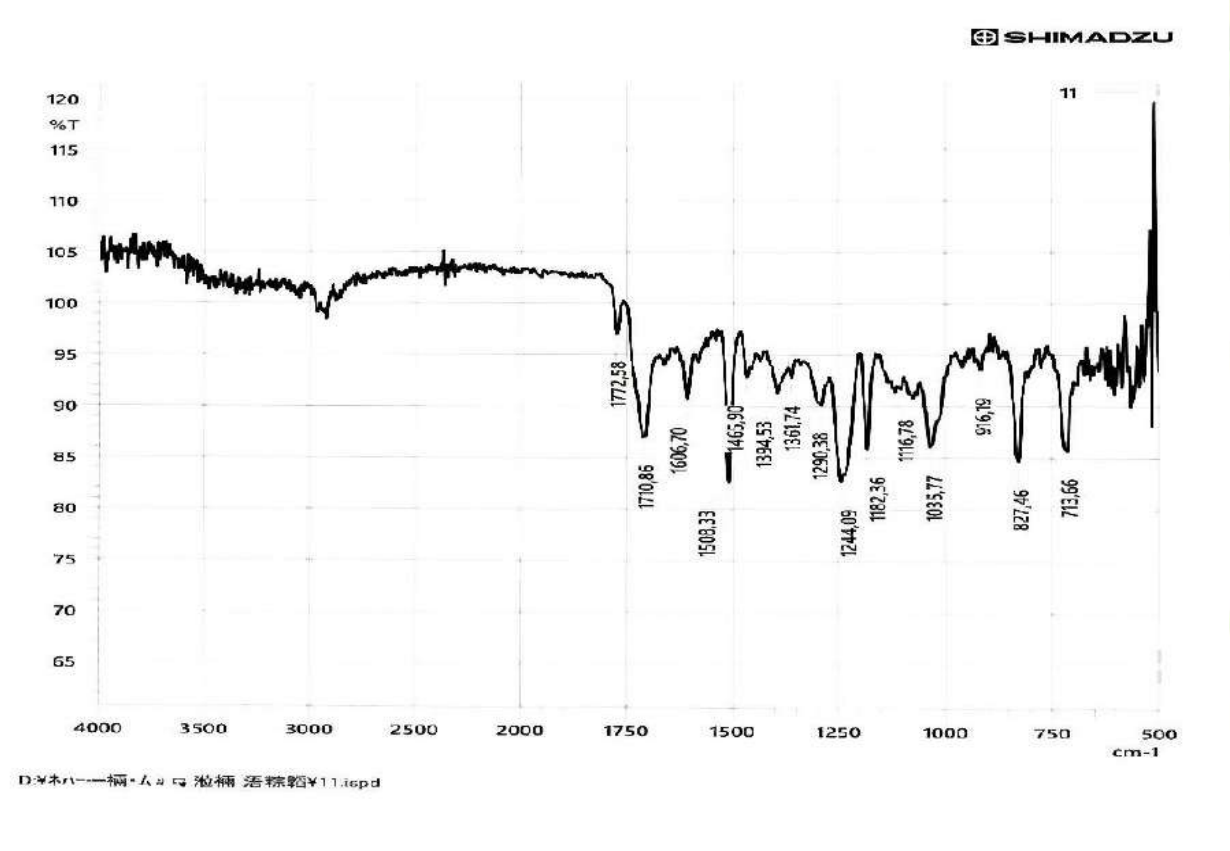
TAJRIBAVIY QISM

Akril kislota va HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) massa ninbatlari 10:1.5 olinib termometr va qaytarma sovutgich jihozlangan uch og‘izli 500 ml hajmli kolbaga solindi. Dastlab temperatura 25 °C dan 45-50 °C gacha sekin astalik bilan moy hammomida reagentlar gomogen sistema bo‘lguncha qizdirildi. So‘ngra umumiy massaga nisbatan 0.5 % sulfat kislota katalizator qo‘shilib temperatura 110-120 °C ga yetkazildi. Reaksiya davomida qaytarma sovutgichning yuqori qismiga $Cacl_2$ yupqa paxtaga turubka shaklida qilib reaksiya davomida marta qayta olinib quyildi. Reaksiya 30 daqiqa davom etgandan sung 6 soat davomida sekinlik bilan xona temperaturasida sovitildi. Sungra olingan efirga dastlabki massaga nisbatan 0.4 % Ag_2O katalizatori qo‘shib ingichka shisha nay orqali sekinlik bilan havo kislorodi yuboriladi. Reaksiya 125-130 °C haroratda 1 soat davomida qizdiriladi. Reaksiyadan sung xona haroratida 2 soat davomida sovutilganda qiyin oquvchi och sariq ekanligini ko‘zatildi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Sentiz qilib olingan moddani IQ - spektrlari Shimadzu IQ-Furye spektrofotometrida 500-4000 sm-1 sohada yozib olinib 1-rasmni tahlil qilindi.

ISSN 3030-3907



1-rasm: Epoksi murakkab efirni PEPA bilan qotirilishidan olingan qattiq moddaning IQ-spektri

IQ spektrning yuqori yutilish sohasida 1772.58 va 1710.86 cm^{-1} atrofida valent tebranish cho‘qqilari karbonil (C=O) bog‘lariga mos keladi. Ushbu valent tebranishlar epoksid halqa amin guruh bilan reaksiyaga kirishishidan hosil bo‘lgan bo‘lgan yangi kislorod tutgan funksional guruhlarning shakllanganligini ko‘rsatadi.

1606.70 va 1508.33 cm^{-1} oralig‘ida valent tebranishlari amin guruhlarining deformatsion tebranishlari va aromatik C=C bog‘larining valent tebranishlariga to‘g‘ri keladi. Bu esa PEPA tarkibidagi amin funksional guruhlarining epoksid smola tuzilmasiga muvaffaqiyatli integratsiyalanganini ko‘rsatadi. 1465.90, 1394.53 va 1361.74 cm^{-1} da qayd etilgan yutilish cho‘qqilar alifatik $–CH_2–$ guruhlarining deformatsion valent tebranishlari hamda C–N bog‘larining hosil bo‘lganligi, polimer zanjirlarining hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi.

1290.38, 1244.09 va 1182.36 cm^{-1} sohalarda joylashgan valent tebranish cho‘qqilari mos ravishda C–O va C–N bog‘larining yutilish tebranishlariga tegishlidir. Bu piklarning epoksid halqasi ochilganligi va amin bilan bog‘lanishidan spirt va amin bog‘laridan iborat uch o‘lchamli polimer tarmog‘i hosil bo‘lganini ko‘rsatadi. 1035,77 cm^{-1} dagi yutilish cho‘qqilari azot va kislorod atomlari ishtirokidagi murakkab bog‘larning hosil bildiradi.

IQ spektrning past chastotali yutulishlari 827.46 va 713.66 cm^{-1} sohalarda aromatik halqaning C–H tashqi tekislik tebranishlariga mos cho‘qqilar kuzatildi,

ISSN 3030-3907

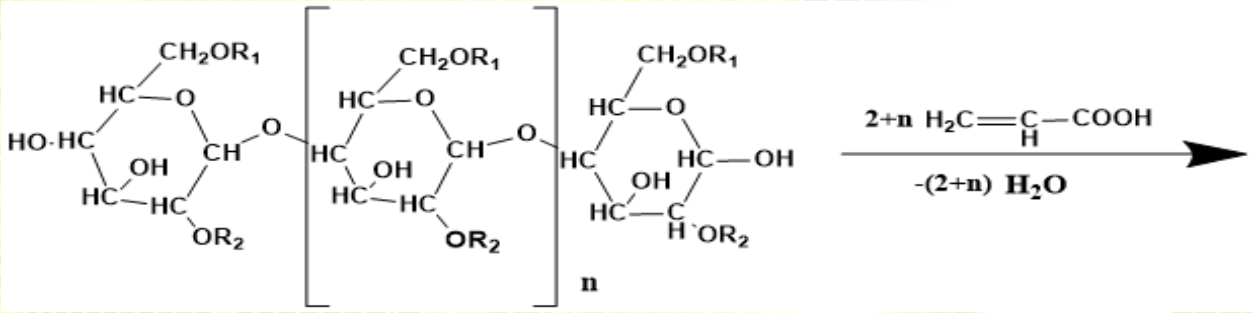
bu esa epoksid smola tarkibida aromatik fragmentlar saqlanib qolganligini ko‘rsatadi.

Reaksiya sungidagi moddamiz tarkibida epoksid funksianal guruh borligini GOST-12497 talablari asosida tahlil qildik. Bunda 0.1 mol/l Hcl asetondagi eritmasi yetarli miqdorda tayorlandi va 1 g tekshiralayotgan namuna solinib 25 °C da 20 daqiqa aralashtiriladi, bunda xlorid kislota ekvimolyar nisbatda epoksid guruh bilan reaksiyaga kirishib halqa ochilishi ko‘zatiladi, qolgan xlorid kislotani natriy gidroksid bilan titrlaganimizda fenolftalein indikatori tufayli eritma rangi rangsiz holatdan to‘qroq qizilga o‘tganligini ko‘zatildi va 1 g tekshirilayotgan moddamiz tarkibida 0.004 mol epoksid guruh borligi aniqlandi ya’ni bu 100 g modda tarkibida 0.4 mol ekanligini bildiradi.

GOST R 50096-2015 talablari asosida olingan epoksidimizni PEPA bilan turli nisbatda turli xil haroratda sinab ko‘rganimizda qotish vaqti va haroratlari GOST R 50096-2015 talablariga mos kelganini ko‘zatdik.

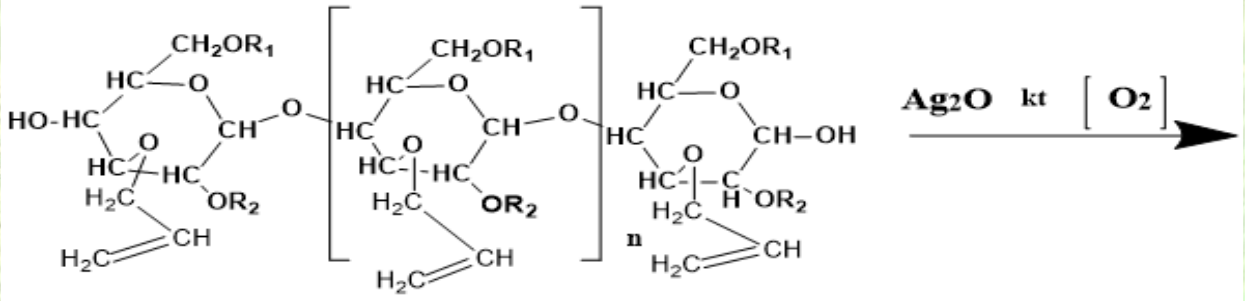
Bu xolasalardan reaksiya tenglamasini quyidagicha taklif qilamiz.

1-reaksiya tenglamasida HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) va akril kislota bilan reaksiyasi boshlanmasdan oldin. Bu yerda R_1-metil, R_2-gidroksipropil radikallari.



1-reaksiya tenglamasi:

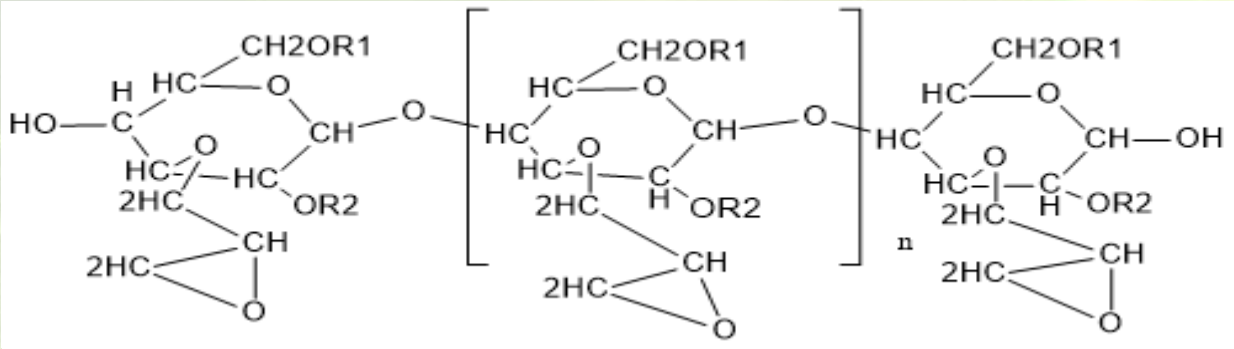
2- reaksiya tenglamasida HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) va akril kislota bilan reaksiyasidan hosil bo‘lgan murakkab efirni oksidlanish reaksiyasi.



2- reaksiya tenglamasi:

3- reaksiya tenglamasida HPMC (gidroksipropilmetilsellyuloza) va akril kislotaning murakkab efirini oksidlanishidan hosil bo‘lgan epoksimurakkab efir formulasi.

ISSN 3030-3907



3- reaksiya tenglamasi:

XULOSA

Olingan moddamizni GOST-12497 talablari asosida tahlil qilinganda 1 g tekshirilayotgan moddamiz tarkibidagi epoksi guruhning mol miqdori GOST-12497 talablariga mos kelganini ko‘rishimiz mumkin. Diqqatimizni tortadigan jihati — 916.19 cm^{-1} atrofidagi epoksid halqaga tegishli bo‘lgan yutilish cho‘qqisining juda past intensivlikda namoyon bo‘lishidir. Bundan xulosamiz epoksid guruhimizning ko‘p qismi PEPA bilan reaksiyaga kirishganligi ya’ni qotish jarayonini to‘liq amalga oshganini bildiradi. Juda kam intensivlik epoksid saqlanib qolishi polimer strukturasining zich va bir jinsli shakllanganini bildiradi. IQ spektr tahlili natijalari sentiz qilinib olingan epoksid smolasi PEPA ishtirokida samarali qotganligini, natijada tarmoqlangan yuqori molekulyar tuzilmasi hosil bo‘lganini ko‘rsatadi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ostrowski S., Jamróz ME, Dobrowolski JC Akril kislotasining esterifikatsiyasida og‘ir qo‘shimchalarning hosil bo‘lishi: DFT tadqiqoti //Hisoblash va nazariy kimyo. – 2011. – T. 974. – №. 1-3. – S. 100-108.

2. Dhanuka VR, Malshe VC, Chandalia SB Karboksilik kislotalarning kislota katalizatorlari ishtirokida spirtlar bilan suyuq fazali esterifikatsiyasining kinetikasi: nashr etilgan ma'lumotlarni qayta talqin qilish // Kimyoviy muhandislik fanlari. – 1977. – T. 32. – № 5. – 551-556-betlar.

3. Yu H. va boshqalar. Akril poliester qatronlar sintezi jarayonini tadqiq qilish va istiqbollari //ACS omega. – 2025. – T. 10. – № 8. – 7478-7484-betlar.

4. Nassar N. va boshqalar. Gidroksipropil metil tsellyuloza ustiga payvandlangan akril kislota-N, N′-metilenbisakrilamid kopolimeridan tayyorlangan yuqori qattiq tizimning shisha o‘tish xususiyatlarini manipulyatsiya qilish // Xalqaro molekulyar fanlar jurnali. – 2021. – T. 22. – № 5. – P. 2682.

5. Li W. va boshqalar. Epoksi qatroni va akril kislotasini halqa shaklida esterifikatsiya qilish yo‘li bilan tayyorlangan epoksi akrilatning xavfsizlik xavfini baholash //Termal tahlil va kalorimetriya jurnali. – 2024. – T. 149. – № 10. – 4827-4838-betlar.

ISSN 3030-3907

6. Chjan K. va boshqalar. O‘z-o‘zidan o‘zaro bog‘langan qoplamalar uchun akril kislotali epoksi-akrilat kompozit emulsiyasining nazorat ostida tayyorlanishi va xususiyatlari // Amaliy polimer fanlari jurnali. – 2022. – T. 139. – No 1. – B. 51441.
7. Kenson, R. E. va Lapkin, M. (1970). Etilenning oksidlanish kinetikasi va mexanizmi. Etilen va etilen oksidning kumush katalizatordagi reaksiyalari. Fizikaviy kimyo jurnali , 74 (7), 1493-1502.
8. Li, Vey-Xue, Ketrin Stampfl va Mattias Sheffler. "Kumushning ab initio atomistik termodinamika bo‘yicha oksidlanish katalizatori sifatidagi funktsiyasi haqida tushunchalar". Fizika tekshiruvi B 68.16 (2003): 165412.
9. Murray, K. E. "Kumush katalizatorda etilenning etilen oksidiga oksidlanishini o‘rganish." Avstraliya kimyo jurnali 3.3 (1950): 433-449.
10. Al-Hamzaviy AKJ va boshqalar. Alifatik va aromatik spacerlardan foydalangan holda yangi fosfor tutgan oligoester metakrilatlarini sintez qilish //Polimer tadqiqotlari jurnali. – 2025. – T. 32. – №. 6. – S. 195.

ISSN 3030-3907

A SYSTEMS-BASED QUANTITATIVE AND STRUCTURAL EQUATION MODELING FRAMEWORK FOR INVESTIGATING JOB SATISFACTION AMONG IT PROFESSIONALS IN URGENCH, UZBEKISTAN

Shermetova Gulnoza Azizbek qizi
Master's Student, Department of Computer Engineering, Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni, Urgench, Uzbekistan
E-mail: gulnozasaparmatova@gmail.com
ORCID: 0009-0006-6056-5291
Otabek Khujaev
Dotsent, Head of Computer Engineering Departament, Urgench State University named after Abu Rayhan Biruni, Urgench, Uzbekistan
E-mail: otabek.hujaev@gmail.com
ORCID: 0000-0002-9850-6303

Annotatsiya. Ushbu maqola O‘zbekistonning Urganch shahridagi axborot texnologiyalari (IT) mutaxassislari orasida mehnat qoniqishini belgilovchi omillarni o‘rganish uchun tizimli yondashuv asosida ishlab chiqilgan miqdoriy so‘rov va strukturaviy tenglamalar modeli (SEM) doirasini taqdim etadi. Tadqiqot ish haqi qoniqishi, karyera rivojlanishi, mehnat muxtoriyati, rahbarlik yordami va tashkiliy muhitni mustaqil o‘zgaruvchilar sifatida aniqlaydi. So‘rovnoma dizayni, ma’lumotlarni oldindan qayta ishlash va regressiya hamda SEM usullarini qo‘llagan holda natijalarni tahlil qilish bo‘yicha batafsil reja taqdim etiladi. Tadqiqot natijalari mintaqadagi IT tashkilotlari uchun amaliy ahamiyatga ega bo‘lishi va kelajakdagi empirik tadqiqotlar uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qilishi kutilmoqda.

Kalit so‘zlar: Mehnat qoniqishi; IT mutaxassislari; So’rov metodologiyasi; Strukturaviy tenglamalar modellashtirish; Regressiya tahlili; Ijtimoiy-texnik tizimlar; Karyera rivojlanishi; Ish muxtoriyati; Rahbarlik yordami; Mintaqaviy IT ekotizimi.

Аннотация. Данная статья представляет комплексную количественную и структурную методологию для изучения детерминант удовлетворённости трудом среди ИТ-специалистов в Ургенче, Узбекистан. Исследование идентифицирует удовлетворённость заработной платой, развитие карьеры, автономию труда, поддержку руководства и организационную среду как ключевые предикторы. Подробно описываются дизайн опроса, методы предварительной обработки данных и план статистического анализа.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Удовлетворённость трудом; ИТ-специалисты; Методология опроса; SEM; Множественный регрессионный анализ; Развитие карьеры; Автономия труда; Организационная среда; Минтака.

Abstract. This paper presents a survey-based quantitative and Structural Equation Modeling (SEM) framework for investigating the determinants of job satisfaction among information technology (IT) professionals in Urgench, Uzbekistan. The study identifies salary satisfaction, career development, job autonomy, leadership support, and organizational environment as key independent variables influencing overall job satisfaction. A comprehensive cross-sectional survey instrument is designed using validated multi-item Likert scales. The paper details the survey methodology, sampling strategy, data preprocessing procedures, and a planned analytical pipeline encompassing descriptive statistics, correlation analysis, multiple regression, and two-stage SEM. By framing job satisfaction as a measurable socio-technical system output, the study contributes a rigorous methodological blueprint for empirical IT workforce research in emerging regional technology ecosystems. The findings are expected to provide actionable insights for regional IT organizations and serve as a foundation for future data-driven organizational interventions.

Keywords: Job Satisfaction; IT Professionals; Survey Methodology; Structural Equation Modeling (SEM); Multiple Regression Analysis; Socio-Technical Systems; Career Development; Job Autonomy; Leadership Support; Organizational Environment; Regional IT Ecosystem; Uzbekistan; Quantitative Research; Workforce Analytics; Human Factors.

INTRODUCTION

The global information technology (IT) sector has emerged as one of the most dynamic and competitive labour markets of the twenty-first century. Unlike traditional manufacturing industries, IT enterprises depend almost exclusively on the intellectual output, creativity, and sustained motivation of their human workforce. Within this context, job satisfaction has transitioned from a purely psychological concept into a measurable performance indicator with direct implications for organizational productivity, software quality, innovation capacity, and employee retention [Hackman & Oldham, 1976; Locke, 1976; Spector, 1997].

Uzbekistan has experienced significant growth in its digital economy over the past decade. Government-led initiatives such as the “Digital Uzbekistan 2030” strategy and the establishment of IT parks in major cities have accelerated the expansion of technology enterprises across the country. In regional cities such as Urgench, the capital of the Khorezm region, IT companies and software development centers are increasingly active, yet systematic academic research on

ISSN 3030-3907

workforce dynamics in these emerging ecosystems remains very limited [State Program “Digital Uzbekistan– 2030”, 2020; OECD, 2021].

Prior research conducted in developed IT economies consistently identifies salary competitiveness, career advancement opportunities, degree of professional autonomy, quality of managerial support, and adequacy of the working environment as the primary determinants of job satisfaction among IT workers [Deci & Ryan, 2000; Hackman & Oldham, 1976; Bakker & Demerouti, 2017; Carvalho et al., 2024; Kuutila et al., 2025]. However, the applicability of these findings to Uzbekistan’s regional context — characterized by different economic conditions, cultural norms, organizational structures, and market maturity — has not been empirically tested.

This study addresses this gap by proposing a structured, replicable, and mathematically grounded methodological framework for measuring and modeling job satisfaction in IT organizations in Urgench. The framework integrates survey design, quantitative statistical analysis, and Structural Equation Modeling (SEM) into a unified research pipeline. By positioning job satisfaction as a system output within a Multi-Input Single-Output (MISO) socio-technical model, the study aligns organizational research with engineering-level analytical standards.

The primary objectives of this research are: (1) to identify and operationalize the key determinants of job satisfaction among IT professionals in Urgench; (2) to design and validate a psychometrically sound survey instrument; (3) to outline a rigorous analytical pipeline for testing hypothesized relationships; and (4) to provide a methodological model suitable for replication in comparable emerging IT ecosystems. The paper is structured as follows: Section 2 reviews relevant theoretical and empirical literature; Section 3 describes the research methodology and survey instrument; Section 4 details the planned data analysis strategy; Section 5 discusses expected findings and their implications; and Section 6 concludes with recommendations for future research.

LITERATURE REVIEW

Theoretical Foundations of Job Satisfaction

Job satisfaction has been studied extensively across multiple theoretical traditions. Herzberg‘s Two-Factor Theory (1959) distinguished between hygiene factors — such as salary, working conditions, and job security — that prevent dissatisfaction, and motivators — such as achievement, recognition, and growth opportunities — that generate genuine satisfaction. Although originally developed in manufacturing contexts, Herzberg‘s framework has been widely applied to IT environments, where motivators such as technical autonomy and professional development are particularly salient [Srivastava & Kanpur, 2014].

ISSN 3030-3907

Hackman and Oldham's (1976) Job Characteristics Model (JCM) proposed that skill variety, task identity, task significance, autonomy, and feedback are core job dimensions that influence experienced meaningfulness, responsibility, and knowledge of outcomes, ultimately determining satisfaction and performance. In software engineering environments, autonomy in selecting tools and frameworks and meaningful task assignment have been shown to be the strongest predictors of intrinsic motivation [Wang et al., 2024].

Deci and Ryan's (2000) Self-Determination Theory (SDT) further elaborates on intrinsic motivation by emphasizing the psychological needs for autonomy, competence, and relatedness. When IT professionals experience these needs as satisfied within their work environment, sustained engagement and high job satisfaction are the natural outcomes. Contemporary IT workforce research increasingly references SDT as a framework for understanding why non-financial factors often outweigh salary in predicting satisfaction levels [Colquitt et al., 2019].

The Job Demands–Resources (JD-R) model [Bakker & Demerouti, 2017] offers a complementary perspective by proposing that job resources — including supervisor support, growth opportunities, and organizational infrastructure — buffer against job demands and reduce burnout risk. This model has been empirically validated across IT sectors in Europe and Asia and provides a theoretically coherent basis for the present study's selection of independent variables [Rawashdeh, 2022; Kuutila et al., 2025].

Empirical Evidence from IT Workforce Studies

Carvalho et al. (2024) conducted a systematic review of job satisfaction research in software engineering contexts published between 2015 and 2023, identifying salary fairness, work–life balance, and opportunities for skill advancement as the three most frequently cited satisfaction determinants. The authors noted that studies from developing economies reported stronger sensitivity to salary and job security, while studies from mature IT markets placed higher emphasis on autonomy and intrinsic motivation.

Kuutila et al. (2025) examined emotional well-being and productivity among 312 software developers across five countries using experience sampling methodology. Their findings confirmed that daily fluctuations in perceived autonomy and leadership quality significantly predicted within-person variation in job satisfaction scores, with effect sizes comparable to salary satisfaction. Notably, career development access explained 18% of variance in long-term satisfaction ratings, making it the single strongest predictor in their structural model.

Nguyen et al. (2024) surveyed 280 IT professionals in Vietnam — a developing economy with structural similarities to Uzbekistan — and found that

ISSN 3030-3907

leadership support and organizational learning culture were the dominant predictors of retention intentions, mediated through job satisfaction. Their SEM model achieved fit indices of CFI = 0.94 and RMSEA = 0.06, confirming adequate structural validity.

Wang et al. (2024) analyzed a sample of 347 software engineers in China and reported that technical autonomy had the largest standardized path coefficient ($\beta = 0.41$, $p < 0.001$) on overall job satisfaction in their SEM model, followed by leadership support ($\beta = 0.29$) and career development ($\beta = 0.24$). Salary satisfaction, while significant ($\beta = 0.18$), ranked fourth in relative influence, suggesting that in rapidly developing IT markets, non-financial resources become increasingly important as base compensation improves.

Rawashdeh (2022) investigated the role of organizational environment and infrastructure quality on job satisfaction among IT workers in Jordan, finding that inadequate hardware resources, unreliable internet connectivity, and poor team communication tools significantly reduced satisfaction scores. This finding is particularly relevant for Urgench, where physical infrastructure limitations may compound psychological and organizational factors.

Within the Uzbek context, Tursunov (2022) and Yusupov & Mirzaev (2023) examined general workforce satisfaction in public sector organizations, but no published study has specifically targeted IT professionals in regional Uzbek cities. This gap motivates the present research and underscores its potential contribution to the regional academic and policy literature.

Conceptual Model and Hypotheses

Based on the theoretical frameworks and empirical evidence reviewed above, this study conceptualizes job satisfaction (JS) as the system output of five independently measured organizational inputs. The hypothesized relationships are formalized as follows:

H1: Salary satisfaction (SAL) has a significant positive effect on overall job satisfaction.

H2: Career development opportunities (CD) have a significant positive effect on overall job satisfaction.

H3: Job autonomy (JA) has a significant positive effect on overall job satisfaction.

H4: Leadership support (LS) has a significant positive effect on overall job satisfaction.

H5: Organizational environment (OE) has a significant positive effect on overall job satisfaction.

ISSN 3030-3907

These five hypotheses collectively constitute the structural model tested through SEM, operationalizing the general functional relationship:

$$JS = f(SAL, CD, JA, LS, OE)$$

RESEARCH METHODOLOGY

Research Design

This study adopts a cross-sectional quantitative survey design. The choice of a cross-sectional approach is grounded in its suitability for examining structural relationships among organizational variables at a single point in time, its cost-efficiency in data collection, and its compatibility with multivariate statistical methods including multiple regression and SEM [Creswell & Creswell, 2018; Hair et al., 2022]. Although longitudinal designs would allow examination of causal dynamics over time, cross-sectional SEM remains the dominant methodological paradigm in organizational job satisfaction research and is adequate for the present exploratory and confirmatory objectives.

Ethical principles governing the study include voluntary participation, fully informed consent prior to survey completion, complete anonymity of respondents, secure encrypted data storage, and the right to withdraw at any stage without consequence. Anonymity is particularly critical in organizational research to minimize social desirability bias, especially for items pertaining to salary perceptions and leadership evaluation [Podsakoff et al., 2003].

Population and Sampling Strategy

The target population consists of full-time IT professionals employed in software development companies, IT service firms, digital agencies, and technology departments of public institutions in Urgench, Uzbekistan. Based on available regional business registry data and IT park records, the estimated population size is approximately 400–600 active IT professionals in the Khorezm region.

A minimum sample size of 200 respondents is targeted, calculated using the rule-of-thumb of 10 observations per estimated model parameter [Hair et al., 2022]. The SEM model contains 5 latent variables measured by 3–4 indicators each (approximately 18–20 observed variables), yielding a minimum requirement of 180–200 participants. A target of 220–250 completed responses is sought to account for incomplete or invalid questionnaires.

Purposive sampling combined with snowball sampling will be employed. Initial contact will be established through IT park administration networks, LinkedIn professional groups, and direct outreach to registered IT companies in Urgench. Participation invitations will be distributed via secure online survey links. Inclusion criteria require respondents to be: (1) employed full-time in an IT-related

ISSN 3030-3907

role; (2) based in Urgench or the surrounding Khorezm region; and (3) having at least six months of experience in their current position.

Survey Instrument Design

The survey instrument is structured into three sections. Section A collects demographic and professional background information: age group, gender, highest educational qualification, current job title category (developer, analyst, project manager, system administrator, etc.), years of total IT experience, and monthly income bracket. These variables may function as control variables in extended regression models.

Section B measures the five independent latent constructs using validated multi-item scales adapted from established instruments in the organizational behavior literature [Spector, 1997; Hackman & Oldham, 1976; Bakker & Demerouti, 2017]. Each construct is measured by four Likert-scale items (1 = Strongly Disagree, 5 = Strongly Agree). Sample items are provided in Table 1 below.

Section C measures the endogenous construct — Overall Job Satisfaction — using four global satisfaction items adapted from the Minnesota Satisfaction Questionnaire (MSQ) short form [Weiss et al., 1967], including statements such as "I am satisfied with my current job overall" and "I would recommend my workplace to other IT professionals."

Table-1.

Sample Survey Items per Construct

Construct	Abbreviation	Sample Item	Scale
Salary Satisfaction	SAL	My compensation fairly reflects my technical expertise and workload.	1–5 Likert
Career Development	CD	My organization provides adequate training and professional growth opportunities.	1–5 Likert
Job Autonomy	JA	I can independently select the tools and methods I use to complete my tasks.	1–5 Likert

ISSN 3030-3907

Leadership Support	LS	My manager provides constructive feedback and supports my professional goals.	1–5 Likert
Organizational Environment	OE	The technical infrastructure and physical workspace adequately support my work.	1–5 Likert
Job Satisfaction	JS	Overall, I am satisfied with my current job in this organization.	1–5 Likert

Data Collection Procedure

Data will be collected via an anonymous online survey hosted on a secure platform (Google Forms or SurveyMonkey). Survey links will be distributed through three channels: (1) direct email invitation to IT company HR contacts and team leads; (2) posts in regional professional WhatsApp and Telegram groups; and (3) the IT Park Urgench official communication network. The survey will remain open for four weeks. Two reminder messages will be sent at day 10 and day 21 to improve response rates. A pilot test involving 20 IT professionals will be conducted before full-scale distribution to identify ambiguous items and refine the instrument.

PLANNED DATA ANALYSIS

Data Preprocessing

Prior to statistical analysis, the collected dataset will undergo a structured preprocessing pipeline. First, all questionnaire responses will be screened for completeness. Responses with more than 10% missing values will be excluded from analysis. For remaining missing values, multiple imputation using the Expectation-Maximization (EM) algorithm will be applied where appropriate.

Second, univariate outliers will be identified using standardized Z-scores. Observations with $Z > \pm 3.0$ on any measured variable will be flagged and examined contextually before a decision on exclusion is made:

$$Z = (X_i - \bar{X}) / SD$$

Third, normality of individual variables will be assessed through skewness and kurtosis statistics. Acceptable thresholds for parametric analysis are |Skewness| < 2.0 and |Kurtosis| < 7.0 [Hair et al., 2022]. Histograms and Q-Q plots will provide visual confirmation.

ISSN 3030-3907

Fourth, construct composite scores will be computed as the arithmetic mean of all valid items within each scale. Reliability of each composite will be assessed using Cronbach's alpha (α). The minimum acceptable threshold is $\alpha \geq 0.70$; $\alpha \geq 0.80$ is preferred:

$$\alpha = [k / (k - 1)] \times [1 - (\Sigma\sigma_i^2 / \sigma_T^2)]$$

Fifth, descriptive statistics (means and standard deviations) will be computed for all constructs to characterize the sample's perceptions across each organizational dimension.

Phase 1: Confirmatory Factor Analysis (CFA)

Before testing structural relationships, the measurement model will be evaluated through Confirmatory Factor Analysis (CFA) using maximum likelihood estimation in AMOS or R (lavaan package). CFA will verify that each observed indicator loads onto its intended latent factor and that the measurement model achieves adequate fit. The following validity criteria will be applied: standardized factor loadings $\lambda \geq 0.60$; Average Variance Extracted (AVE) ≥ 0.50 for convergent validity; Composite Reliability (CR) ≥ 0.70; and the square root of AVE exceeding inter-construct correlations for discriminant validity [Fornell & Larcker, 1981].

Model fit will be evaluated using the following global indices: $\chi^2/df < 3.0$; CFI ≥ 0.90; TLI ≥ 0.90; RMSEA ≤ 0.08; SRMR ≤ 0.08. If fit indices are inadequate, modification indices will guide respecification, provided changes are theoretically justified.

Phase 2: Correlation and Multiple Regression Analysis

Pearson bivariate correlation coefficients will be computed to examine preliminary associations between all predictor constructs and job satisfaction. This step identifies the direction and strength of relationships before controlling for inter-predictor overlap.

Multiple linear regression analysis will then be conducted with overall job satisfaction as the dependent variable and the five construct composites as independent predictors:

$$JS = \beta_0 + \beta_1(SAL) + \beta_2(CD) + \beta_3(JA) + \beta_4(LS) + \beta_5(OE) + \varepsilon$$

The model will be evaluated on the following criteria: coefficient of determination R^2 and adjusted R^2 indicating variance explained; F-statistic for overall model significance; standardized beta coefficients (β) for comparing relative predictor effect sizes; individual predictor p-values with Bonferroni correction applied for multiple testing; and Variance Inflation Factor (VIF < 5.0) to confirm absence of multicollinearity. Residual diagnostics will verify homoscedasticity and linearity assumptions.

Phase 3: Structural Equation Modeling (SEM)

ISSN 3030-3907

The full SEM will be estimated in a two-stage approach: the measurement model (CFA) is established first, followed by estimation of the structural model [Anderson & Gerbing, 1988]. The structural model specifies directional paths from the five exogenous latent constructs to the endogenous construct Job Satisfaction. In matrix notation:

$$X = \Lambda x\xi + \delta \quad \textit{(measurement model, exogenous)}$$
$$Y = \Lambda y\eta + \varepsilon \quad \textit{(measurement model, endogenous)}$$
$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad \textit{(structural model)}$$

For this study, since JS is the sole endogenous construct, the structural equation simplifies to:

$$JS = \gamma_1 SAL + \gamma_2 CD + \gamma_3 JA + \gamma_4 LS + \gamma_5 OE + \zeta$$

Maximum Likelihood Estimation (MLE) will minimize the discrepancy between the observed sample covariance matrix S and the model-implied covariance matrix $\Sigma(\theta)$:

$$F_ML = ln|\Sigma(\theta)| + trace(S\Sigma^{-1}(\theta)) - ln|S| - p$$

Standardized path coefficients γ_i will indicate both the magnitude and direction of influence of each predictor on job satisfaction, corrected for measurement error — a key advantage over simple regression. Hypotheses H1–H5 will be accepted if corresponding path coefficients are statistically significant ($p < 0.05$) with expected positive signs. Bootstrapping with 2,000 samples will be used to construct 95% bias-corrected confidence intervals for all path estimates.

SEM also enables decomposition of total effects into direct and indirect components, which is particularly valuable if, for example, leadership support influences career development, which in turn affects satisfaction — a mediated pathway undetectable in simple regression. The total effect is expressed as:

$$\textit{Total Effect} = \textit{Direct Effect} + \textit{Indirect Effect}$$

Table 2 summarizes the complete analytical pipeline and the software tools planned for each phase.

Table-2.

Planned Analytical Pipeline

Phase	Analysis Type	Purpose	Tool
0	Preprocessing & Reliability	Outlier detection, normality, Cronbach's α	SPSS / R
1	Confirmatory Factor Analysis	Validate measurement model, AVE, CR	AMOS / lavaan

ISSN 3030-3907

2	Correlation & Regression	Bivariate associations, OLS regression, VIF	SPSS / R
3	Structural Equation Modeling	Test H1–H5, path coefficients, model fit	AMOS / SmartPLS
4	Bootstrapping	Confidence intervals, indirect effects	R (boot package)

DISCUSSION AND EXPECTED FINDINGS

Although primary data collection is planned as the next empirical phase of this research, the theoretical framework and existing literature allow informed expectations regarding the likely findings. Based on comparable studies conducted in developing IT economies [Nguyen et al., 2024; Wang et al., 2024; Rawashdeh, 2022], career development and job autonomy are expected to emerge as the strongest predictors of overall job satisfaction among IT professionals in Urgench. This expectation reflects the profile of regional IT workers, many of whom are recent university graduates seeking professional advancement opportunities in a market where mentorship and structured career paths remain underdeveloped.

Salary satisfaction is expected to be a significant predictor, particularly given the economic context of Uzbekistan, where absolute compensation levels remain lower than in neighboring developed markets. However, consistent with SDT predictions [Deci & Ryan, 2000], salary may not be the dominant factor once autonomy and growth opportunities are controlled for. This pattern would align with Wang et al.'s (2024) Chinese IT sample, where salary ranked fourth in relative importance among the five predictors.

Leadership support is expected to show a significant positive effect, particularly because regional IT organizations often have flat management structures where direct supervisor behaviour has a disproportionate influence on team-level satisfaction. Poor managerial practices — including micromanagement, unclear performance feedback, and limited recognition — are frequently cited complaints in informal IT professional communities in Uzbekistan.

Organizational environment, encompassing hardware quality, internet reliability, and workspace adequacy, may exhibit stronger effects in Urgench than reported in studies from more developed markets. Infrastructure limitations specific to the Khorezm region — including intermittent power supply and limited access to high-speed internet — represent real operational constraints that may

ISSN 3030-3907

substantially reduce daily productivity and therefore job satisfaction [Rawashdeh, 2022].

From a systems engineering perspective, the SEM model is expected to achieve an R^2 value of approximately 0.55–0.65 for job satisfaction, indicating that the five organizational inputs collectively explain the majority of measurable variance in the system output. This would confirm the adequacy of the MISO conceptualization and support the framework's application in organizational performance optimization.

The findings are also expected to carry direct practical implications. If career development emerges as the dominant predictor, regional IT managers and HR practitioners should prioritize structured mentorship programs, access to international online certification platforms (such as Coursera or Udemy), and transparent internal promotion pathways. If leadership support proves critical, targeted management training programmes become the priority intervention. Such evidence-based recommendations represent a transition from anecdotal management practice toward data-driven organizational governance — a shift particularly needed in emerging IT ecosystems.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

This study has presented a rigorous, reproducible, and theoretically grounded methodological framework for investigating job satisfaction among IT professionals in Urgench, Uzbekistan. By integrating validated survey design, multi-phase quantitative analysis, and Structural Equation Modeling within a socio-technical systems perspective, the framework operationalizes job satisfaction as a measurable organizational performance indicator rather than a purely subjective psychological state.

The five-construct model — encompassing salary satisfaction, career development, job autonomy, leadership support, and organizational environment — is grounded in established theories including Herzberg's Two-Factor Theory, the Job Characteristics Model, Self-Determination Theory, and the Job Demands–Resources framework. The planned analytical pipeline ensures that each hypothesis will be evaluated with appropriate statistical rigor, including measurement validation through CFA, regression-based effect size estimation, and full SEM path analysis with bootstrapped confidence intervals.

The primary contribution of this research is methodological: it provides an explicit, step-by-step analytical framework that can be directly replicated by researchers studying IT workforce dynamics in other regional cities of Uzbekistan or in comparable emerging digital economies across Central Asia. A secondary contribution lies in generating the first systematic quantitative evidence base on IT

ISSN 3030-3907

job satisfaction in the Khorezm region, which can inform human resource policies, organizational development strategies, and academic curricula at Urgench State University.

Future research directions include: (1) conducting the planned empirical data collection and testing the proposed model; (2) extending the framework with mediation and moderation analyses (e.g., examining whether gender or experience level moderates the effect of autonomy on satisfaction); (3) comparing results across multiple Uzbek cities to identify regional variation; and (4) integrating machine learning approaches such as Random Forest feature importance analysis to complement SEM findings and identify non-linear relationships among predictors.

In conclusion, this study establishes a robust methodological foundation for evidence-based IT workforce management in Urgench and contributes to the broader scholarly conversation on job satisfaction in emerging technology economies.

REFERENCES

1. Anderson, J. C., & Gerbing, D. W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. Psychological Bulletin, 103(3), 411–423.
2. Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2017). Job demands–resources theory: Taking stock and looking forward. Journal of Occupational Health Psychology, 22(3), 273–285.
3. Carvalho, R., Meirelles, F., & Biancolino, C. A. (2024). Job satisfaction determinants in software engineering: A systematic literature review (2015–2023). Journal of Systems and Software, 208, 111–128.
4. Colquitt, J. A., LePine, J. A., & Wesson, M. J. (2019). Organizational Behavior: Improving Performance and Commitment in the Workplace (6th ed.). McGraw-Hill Education.
5. Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (5th ed.). SAGE Publications.
6. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227–268.
8. Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. Journal of Marketing Research, 18(1), 39–50.

ISSN 3030-3907

9. Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1976). Motivation through the design of work: Test of a theory. Organizational Behavior and Human Performance, 16(2), 250–279.
10. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2022). Multivariate Data Analysis (9th ed.). Cengage Learning.
11. Herzberg, F., Mausner, B., & Snyderman, B. B. (1959). The Motivation to Work (2nd ed.). John Wiley & Sons.
12. Kuutila, M., Mäntylä, M., Adams, B., & Claes, M. (2025). Time pressure, job satisfaction, and software quality: An experience sampling study. Empirical Software Engineering, 30(1), 14–38.
13. Locke, E. A. (1976). The nature and causes of job satisfaction. In M. D. Dunnette (Ed.), Handbook of Industrial and Organizational Psychology (pp. 1297–1349). Rand McNally.
14. Nguyen, P. T., Dao, T. X., & Le, H. M. (2024). Leadership support, career development, and IT worker retention: A SEM approach in a developing economy. Computers in Human Behavior, 152, 108–122.
15. OECD. (2021). Digital Government Review of Uzbekistan: Foundations for the Digital Transformation of the Public Sector. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f22e6a4b-en
16. Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. Journal of Applied Psychology, 88(5), 879–903.
17. Rawashdeh, A. M. (2022). Organizational environment, infrastructure quality, and job satisfaction among IT workers in Jordan. Information Systems Management, 39(2), 112–127.
18. Spector, P. E. (1997). Job Satisfaction: Application, Assessment, Causes, and Consequences. SAGE Publications.
19. Srivastava, S., & Kanpur, R. (2014). A study on quality of work life: Key elements and IT implications. IOSR Journal of Business and Management, 16(3), 54–59.
20. State Program “Digital Uzbekistan–2030.” (2020). Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PD-6079. Tashkent: Official Gazette.
21. Tursunov, B. (2022). Workforce satisfaction and organizational commitment in Uzbekistan’s public sector: A quantitative analysis. Journal of Central Asian Studies, 14(2), 88–104.
22. Wang, Z., Chen, L., & Liu, Y. (2024). Technical autonomy, leadership quality, and job satisfaction in Chinese software engineering teams: A structural equation modeling study. Journal of Systems and Software, 198, 111–125.

ISSN 3030-3907

23. Weiss, D. J., Dawis, R. V., England, G. W., & Lofquist, L. H. (1967). Manual for the Minnesota Satisfaction Questionnaire. University of Minnesota, Industrial Relations Center.
24. Yusupov, A., & Mirzaev, K. (2023). Employee motivation and retention in Uzbekistan's growing technology sector. Uzbek Economic Review, 7(1), 45–62.

ISSN 3030-3907

$Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ TARKIBLI KATALIZATORDA METANOLNI OLEFINLARGA KONVERSIYALANISHI.

Sattorov I.Q.
Toshkent davlat texnika universiteti
Raxmatullayev N.F.
Toshkent davlat texnika universiteti
Quyboqarov O.E
Qarshi davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Metanoldan olefinlarga (MTO) jarayoni yengil olefinlarni ishlab chiqarish uchun istiqbolli alternativ sifatida katta e'tiborni tortadi, ayniqsa an'anaviy usullar energiya talab qiladigan va cheklangan miqdordagi xom ashyolarga tayanadiganligi sababli. Boshqa tomondan, metanol ham ko‘p miqdorda, ham barqaror ravishda olinishi mumkin, bu uglerodli yopiq tsikl konsepsiyasini qo‘llab-quvvatlaydi. Ushbu ishda etilen va propilen uchun yuqori selektivlikka erishishda muhim rol o‘ynaydigan katalizator bo‘lgan $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ ning roliga e'tibor qaratiladi.

Kalit so‘zlar: MTO , DME, engil olefinlar, $C_2=/C_3=$., $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, N_2 adsorbsiya–desorbsiya BET izotermasi.

Аннотация. Процесс превращения метанола в олефины (MTO) привлекает большое внимание как перспективная альтернатива производству легких олефинов, особенно учитывая энергоемкость традиционных методов и ограниченность сырьевых ресурсов. С другой стороны, метанол может производиться в больших количествах и экологически устойчивым способом, что поддерживает концепцию замкнутого углеродного цикла. В данной работе рассматривается роль $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, катализатора, играющего ключевую роль в достижении высокой селективности по этилену и пропилену.

Ключевые слова: MTO, DME, легкие олефины, $C_2=/C_3=$., $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, изотерма BET адсорбции-десорбции N_2.

Abstract. The methanol-to-olefins (MTO) process has attracted much attention as a promising alternative for the production of light olefins, especially since conventional methods are energy-intensive and rely on limited feedstocks. On the other hand, methanol can be produced in large quantities and in a sustainable manner, which supports the concept of a closed carbon cycle. This work focuses on the role of $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$, a catalyst that plays a key role in achieving high selectivity for ethylene and propylene.

ISSN 3030-3907

Keywords: *MTO , DME, light olefins, $C_2=/C_3=$., $Mg_{0.05-0.1}(SIO_2)_{0.1-0.3}(AL_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$, N_2 adsorption–desorption BET isotherm.*

KIRISH

Yangi energiya manbalarini izlash so‘nggi o‘n yilliklarning asosiy muammolaridan biri sifatida qaraldi, chunki aholining tez o‘sishi va so‘nggi yillarda katta e'tiborni tortgan sanoatlashtirishning eng yuqori cho‘qqisi. Darhaqiqat, bu muhim muammoni va uning oqibatlarini yengish uchun yana bir inqilob kerak bo‘lishi mumkin. Xom neft va uning hosilalari uzoq vaqtdan beri asosiy energiya manbai bo‘lib kelgan va ishlatiladigan neft-kimyo mahsulotlarining aksariyati, masalan, vodorod va yengil olefinlar, ushbu qimmatbaho qora oltindan ishlab chiqariladi. Xom neft va uning hosilalaridan foydalanish barqaror rivojlanish tamoyillariga zid bo‘lganligi sababli, mavjud kimyoviy sarf materiallari va mahsulotlarga yangi alternativalarni ta'minlash uchun yangi, iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq va samarali jarayonlarni joriy etish zarurati tug‘ildi. Shu nuqtai nazardan, ko‘p maqsadli materiallarni ishlab chiqish yangi energiya va kimyoviy resurslar uchun yanada samarali jarayonlarni amalga oshirish uchun juda foydali strategiya hisoblanadi [1].

TAJRIBA QISMI. Ilmiy tadqiqot ishida g‘ovak sirt yuzasi katta bo‘lganligi sababli, tashuvchi sifatida Navoiy viloyatining Navbakhor bentoniti ishlatildi. Katalizator quyidagicha tayyorlandi: 50-100 g bentonit 1-2 M HCl eritmasida (nisbat 1:5-1:10 g/ml) 60-80°C da 4-6 soat aralashtirildi. Reaksiya: $Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$. Aralashma filtrlanib, destillangan suv bilan Ph neytral muhitga olib kelindi va 100-120°C da quritildi, keyin 400-500°C da kalsinatsiya qilindi.

Aktivlashtirilgan bentonit (10-20 g) + H_3PO_4 (5-10 ml) + $Mg(NO_3)_2$ (1-2 g) + DEA (5-10 ml) aralashtiriladi (mol nisbat: Si:Al:P:Mg = 0.1-0.3:1:0.8-1:0.05-0.1). Gel ultratovush vanna da 30-60 minut dispersiya qilindi va 24 soat xona haroratida qoldirildi.

Olingan namunma autoklavga joylashtirildi (hajm 50-100 ml, to‘ldirish 60-70%) va 150-200°C da 24 dan 48 gacha soat saqlandi, jarayonda bosim 5-10 barni tashkil etadi. Komponentlar T-O-T bog‘lanishlarni hosil qildi (T = Si, Al, P, Mg). Harorat sekin asta pasaytirildi, natijada kristallangan kukun 100-120°C da quritildi va 500-600°C da 4-6 soat davomida havo oqimida kalsinatsiya qilindi.

Metanoldan yengil molekulyar olifen uglevodorodlar olish laboratoriya qurilmasining tavsifi.

Jarayonlar ideal oqimli reaktor tizimida o‘tkazildi. Dastlab katalizatorlar ($Mg_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$, $Cu_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$,$Zn_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$, $Fe_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$ 0,5-1g) oldindan tayyorlab olindi va kvarts tola bilan

ISSN 3030-3907

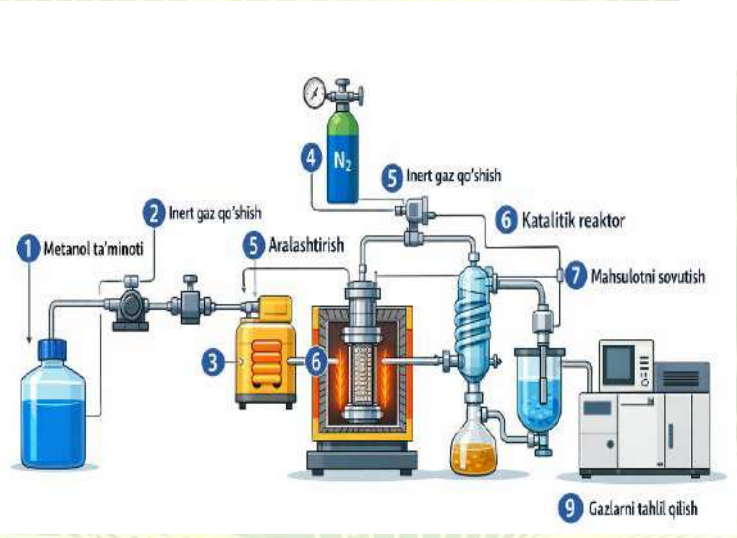
reaktor trubkasiga (diametri 10-15 mm) mahkamlandi. Bu bosqich katalizatorning bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi, chunki notekis joylashish reaksiya samaradorligini pasaytiradi. Reaktor pechga o‘rnatiladi va termojuft bilan bog‘lanadi.

Reaktor inert gaz (N_2 oqimida 50-100 ml/min) bilan tozalab, 500°C da 1 soat davomida qizdirildi. Bu bosqichda katalizatordagi suv, chiqindilar va aralashmalar olib tashlandi, shuningdek, kislotali markazlarni faollashdi. Harorat nazorati termojuft orqali (±1°C aniqlikda) amalga oshirildi.

Nasos orqali suyuq metanol (oqim 0.1-1 ml/min) va massa oqim nazorati orqali inert gaz (N_2, nisbat metanol/gaz = 1:5) aralashtirildi. Aralashma oldindan qizdirgichda (150-200°C) bug‘ga aylantirildi va reaktorga kiritildi. Bu bosqich reaksiya aralashmasining bir xil taqsimlanishini ta'minlaydi.

Reaktor pechda 400-450°C ga qizdirildi (WHSV 1-2 g/h). Natijada metanolni katalizator qatlamida konversiyasi sodir bo‘ldi: bunda $2CH_3OH \rightarrow C_2H_4 + 2H_2O$ (etilen hosil bo‘lishi) hamda $3CH_3OH \rightarrow C_3H_6 + 3H_2O$ (propilen) hosil bo‘lishi bilan jarayon amalga oshdi. Reaksiya ekzotermik bo‘lib, harorat va bosim (1-2 bar) doimiy nazorat qilindi.

Reaktordan chiqadigan aralashma sovutgichga (0-5°C) yuborildi. Suv va qolgan metanol kondensatsiya qilinib, gaz fazasi ya’ni yengil olefinlar va parafinlar ajratildi. Gaz fazasi gaz xromatografga (GC, Agilent 7890A, FID detektori) o‘tkazildi. Analiz har 10-15 minutda o‘tkazilib, piklar orqali konversiya va selektivlik hisoblandi. Metanoldan olifen uglevodorodlar olish uchun Fischer-Tropsch sintezi 1-rasmda keltirilgan



1-rasm. Metanoldan yengil molekulyar sintetik olifen uglevodorodlarni olish uchun laboratoriya qurilmasining sxematik diagrammasi.

TAJRIBA NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI. Katalizatorlarning morfologiyasi nurlantiruvchi va elektron skanerlovchi

ISSN 3030-3907

mekraskop (FEI Quanta 250 SEM va JEOL JEM-2100 TEM) yordamida aniqlangan. BET sirt maydoni ASTM D3663 – BET asbobi yordamida azotning yutilish va desorbsiya izotermalari asosida to‘liq solishtirma sirt-yuzasi, zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami, mezag‘ovaklarning hajmi, g‘ovaklarning o‘lchami bo‘yicha taqsimlanishi aniqlandi.

MTO (methanol-to-olefins) jarayonida aynan tekstur parametrlari quyidagilarni belgilaydi:

metanol va oraliq mahsulotlarning (DME, engil olefinlar) katalizator ichiga kirishi va chiqishi (ichki diffuziya);

“hydrocarbon pool” mexanizmi davomida hosil bo‘ladigan aromatik yadrolarning g‘ovaklarda to‘planishi va koks hosil bo‘lish tezligi;

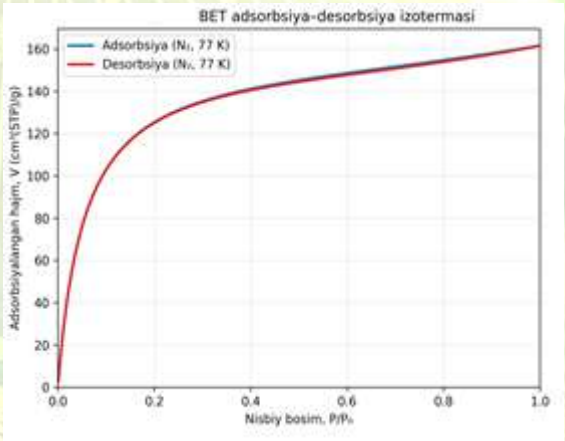
kislota markazlariga kirish va natijada selektivlik ($C_2=/C_3=$ nisbatlari);

katalizatorning dezaktivatsiya tezligi hamda regeneratsiya sikllariga chidamliligi.

$Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ tarkibli tizim amaliy jihatdan Mg-modifikatsiyalangan SAPO (silikoalyumofosfat) sinfiga kiradi. Bunda (i) Al–P karkas mikrog‘ovakli tuzilmani beradi, (ii) SiO_2 miqdori Brønsted kislotalik va “cage/channel” ichidagi faol zonalarni shakllantiradi, (iii) Mg esa kislotalik spektrini va koks hosil bo‘lish kinetikasini modifikatsiyalab, tekstura bilan bog‘liq transport cheklovlarini yumshatishga xizmat qiladi.

Tekstur tahlilning metodik bazasi: N_2 adsorbsiya–desorbsiya

Tekstur xarakteristikalar odatda past haroratli azot (N_2) fizisorbsiyasi yordamida aniqlandi (77 K). O‘lchov natijasi sifatida adsorbsiya va desorbsiya tarmoqlaridan iborat izoterma olindi. Izoterma shakli materialning poralilik turini (mikro/mezog‘ovak) sifat jihatdan baholash imkonini berdi. BET N_2 adsorbsiya-desorbsiya izotermasi 1- rasmda keltirilgan



1.Rasm. $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ katalizatorining N_2 adsorbsiya–desorbsiya BET izotermasi.

Azot adsorbsiya–desorbsiya izotermasi $Mg_{0.05–0.1}(SiO_2)_{0.1–0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8–1}O_2$ tarkibli katalizatorlar uchun I-tur izoterma xususiyatlarini

ISSN 3030-3907

namoyon etadi. Past nisbiy bosimlarda ($P/P_0 < 0.1$) adsorbsiyaning keskin ortishi mikrog‘ovak tizim mavjudligini ko‘rsatadi. Yuqori bosim oralig‘ida esa adsorbsiyaning asta-sekin ortishi tashqi sirt va mezog‘ovaklarning mavjudligini bildiradi.

Izoterma shakli katalizatorning mikrog‘ovakli SAPO tipidagi strukturaga ega ekanligini tasdiqlaydi. Mg modifikatsiyasi natijasida adsorbsiya hajmi biroz ortib, tashqi sirt maydoni va transport kanallarining yaxshilanishi kuzatildi.

Mikrog‘ovakli (zeolit/SAPO) materiallar uchun izoterma:

past P/P_0 da adsorbsiya hajmining keskin ortishi (mikrog‘ovak to‘lishi),

yuqori P/P_0 da esa nisbatan sekin o‘sish (tashqi sirt/mezog‘ovak mavjud bo‘lsa),

bilan tavsiflanadi. Agar Mg modifikatsiyasi yoki sintez sharoitlari natijasida qo‘shimcha mezog‘ovaklik paydo bo‘lsa, desorbsiya tarmog‘ida **histerezis halqasi** kuzatilishi mumkin. Bu holat MTO uchun ijobiy bo‘lib, diffuziya yo‘llarini kengaytiradi va koksga chidamlilikni oshirdi.

BET sirt maydoni: S_{BET}va uning fizik talqini

BET (Brunauer–Emmett–Teller) usuli sirt maydonini aniqlashning eng keng tarqalgan yondashuvidir. BET tenglamasi:

$$\frac{1}{V\left(\frac{P_0}{P}-1\right)} = \frac{C-1}{V_m C}\cdot\frac{P}{P_0} + \frac{1}{V_m C}$$

bu yerda:

V — adsorbsiya hajmi,

Vm — monoqavat (monolayer) hajmi,

C— BET konstanta (adsorbsiya energiyasi bilan bog‘liq),

P/P_0 — nisbiy bosim.

Amaliy hisoblashda BET chiziqliligi odatda P/P_0=0.05–0.30 oralig‘ida olinadi. Vm topilgach, sirt maydoni quyidagi umumiy ko‘rinishda hisoblandi:

$$S_{BET} = \frac{V_m N_A \sigma}{V_{molar}}$$

bu yerda N — Avogadro soni, σ\sigmaσ — N_2 molekulaning kesim yuzasi, V_{molar} — standart sharoitdagi molyar hajm.

S_{BET}≈ 350–750 m^2/g

umumiy pora hajmi V_{total} 0.20–0.35 cm^3/g

mikrog‘ovak hajmi V_{micro} ≈ 0.15–0.28 cm^3/g

Mikrog‘ovak hajmi va tashqi sirt: t-plot yondashuvi

ISSN 3030-3907

Mikrog‘ovakli katalizatorlarda BET natijasi ichiga mikrog‘ovak to‘lishi ham kirib ketishi mumkin. Shu sababli mikrog‘ovak hajmi va tashqi sirtni ajratish uchun **t-plot** (adsorbsiya qatlami qalinligi asosida) yondashuvi qo‘llanadi. Natijada:

tashqi sirt maydoni Sext **mikrog‘ovak hajmi** Vmicro baholanadi.

MTO jarayonida:

S_{ext} ortishi (masalan, kristall o‘lchami kichrayishi, aglomeratsiya kamayishi) katalizatorning “kirish-chiqish” nuqtalarini ko‘paytiradi, mass-transportni yaxshilaydi.

V_{micro} juda katta bo‘lsa ham, agar ichida mahsulotlarning chiqishi sekin bo‘lsa, aromatiklar yig‘ilishi tezlashadi; demak optimal VmicroV_{micro}Vmicro + yetarli S_{ext} kombinatsiyasi kerak.

Mg modifikatsiyasi (0.05–0.1) sintez kinetikasini o‘zgartirib, ko‘pincha:

kristall o‘lchamini kichraytirishi, aglomeratsiyani kamaytirishi, tashqi sirt hissasini nisbatan oshirishi mumkin. Bu holat MTO jarayonida “diffuziya-koks” muammosini yumshatadi.

Mezog‘ovaklar va BJH taqsimoti: transportni yaxshilash omili

Mikrog‘ovakli katalizatorlarida mezog‘ovaklar odatda “asosiy faza” emas, balki:

zarrachalararo bo‘shliqlar,

ierarxik poralilik (sintez/ishlov natijasi),

qisman defektlar yoki ikkilamchi poralilik

hisobiga paydo bo‘ladi. Mezog‘ovaklar 2–50 nm diapazonda bo‘lib, ularni baholashda amaliyotda ko‘pincha BJH (Barrett–Joyner–Halenda) usuli qo‘llanadi (odatda desorbsiya tarmog‘i bo‘yicha).

BJH natijasi — mezog‘ovak o‘lchami taqsimoti bo‘lib, ko‘pincha dV/dD yoki dV/dlogD ko‘rinishida beriladi.

MTO nuqtai nazaridan BJH taqsimotining ahamiyati:

3–10 nm atrofidagi mezog‘ovaklar gaz fazali reaktivlar va mahsulotlar transportini tezlashtirib, mikrog‘ovak “bo‘g‘ilish”ini kamaytiradi;

mezog‘ovak transport yo‘llari mikrog‘ovakdagi aromatik yadrolarning ortiqcha to‘planishini sekinlashtiradi, natijada koks hosil bo‘lish tezligi pasayishi mumkin;

juda katta mezog‘ovaklik (masalan, juda keng poralar) selektivlikni pasaytirishi ehtimoli bor, chunki shakl-selektivlik “kuchsizlanadi”. Shuning uchun ierarxik poralilikda ham “muvozanat” zarur.

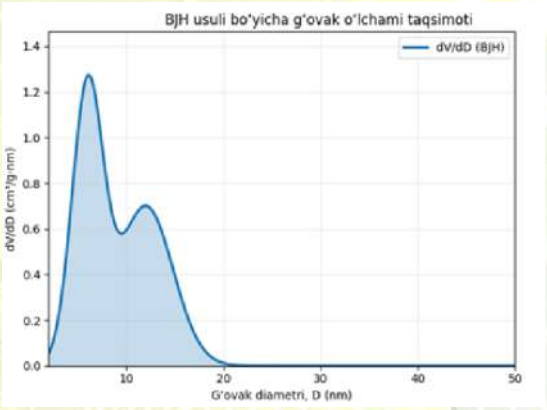
Mg-modifikatsiya qilingan SAPO tizimida mezog‘ovaklikning paydo bo‘lishi: gelning nukleatsiya-kristallanish mexanizmi,

ISSN 3030-3907

Mg^{2+} ning kompleks hosil qilishi, kristall o‘sish tezligining o‘zgarishi bilan izohlanadi. Natijada BJH taqsimotida asosiy pik (masalan, 4–8 nm) va ba’zan ikkinchi pik (10–20 nm) kuzatilishi mumkin.

Pora o‘lchami taqsimoti: DFT/NLDFT va mikrog‘ovaklar

Mikrog‘ovakli materiallarda BJH usuli mikroporalilikni to‘liq va to‘g‘ri bera olmaydi, chunki kapillyar kondensatsiya nazariyasi mikrog‘ovaklar uchun cheklangan. Shuning uchun mikrog‘ovak taqsimotini chuqurroq baholashda DFT/NLDFT (yoki QSDFT) yondashuvlar qo‘llanadi. Bunda adsorbsiya ma’lumotlari asosida pora o‘lchami taqsimoti mikrog‘ovak diapazonda (0.3–2 nm) ham chiqariladi. BJH usuli asosida olingan g‘ovak o‘lchami taqsimoti katalizator tarkibida mezog‘ovaklarning mavjudligini ko‘rsatadi. 2-rasmda keltirilgan



2-Rasm. $Mg_{0.05-0.1}(SiO_2)_{0.1-0.3}(Al_2O_3)_1(P_2O_5)_{0.8-1}O_2$ tarkibli katalizatorning BJH usuli bo‘yicha g‘ovak o‘lchami taqsimoti (N_2 desorbsiya tarmog‘i, 77 K).

Grafikdan ko‘rinib turibdiki, asosiy pora piki 4–8 nm oralig‘ida joylashgan. Bu mezog‘ovak strukturaning shakllanganligini bildiradi.

Mazkur mezog‘ovaklar katalizator ichidagi diffuziya jarayonlarini yaxshilaydi va metanol molekulalarining faol markazlarga kirishini hamda hosil bo‘lgan olefin mahsulotlarining tez chiqib ketishini ta’minlaydi. Natijada katalizator ichida koks hosil bo‘lish ehtimoli kamayadi va MTO jarayonining barqarorligi ortadi.

XULOSALAR

Mg, Zn va Cu metallari bilan modifikatsiyalangan SAPO tipidagi katalizatorlarda metanol konversiyasi natijasida asosan yengil olefinlar hosil bo‘ladi. Metall modifikatsiyasi katalizatorning kislotalik xossalarini o‘zgartirib, olefin va parafin hosil bo‘lish reaksiyalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Mg modifikatsiyasi gidrid ko‘chishi reaksiyalarini kamaytirib, olefin selektivligini oshiradi. Zn modifikatsiyasi propilen hosil bo‘lishini kuchaytiradi, Cu modifikatsiyasi esa parafinlarning hosil bo‘lishiga nisbatan ko‘proq ta’sir

ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. Natijada metall modifikatsiyasi orqali MTO jarayonida olefin/parafin nisbatini samarali boshqarish mumkinligini ko‘rish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Zhong, L., Yu, F., An, Y., Zhao, Y., Sun, Y., Li, Z., … Wang, H. (2016). Cobalt carbide nanoprisms for direct production of lower olefins from syngas. Nature, 538(7623), 84–87.

2. Torres Galvis, H. M., & de Jong, K. P. (2013). Catalysts for Production of Lower Olefins from Synthesis Gas: A Review. ACS Catalysis, 3(9), 2130–2149.

3. Torres Galvis, H. M., Bitter, J. H., Davidian, T., Ruitenbeek, M., Dugulan, A. I., & de Jong, K. P. (2012). Iron Particle Size Effects for Direct Production of Lower Olefins from Synthesis Gas. Journal of the American Chemical Society, 134(39), 16207–16215.

4. Tian P., Wei Y., Ye M., Liu Z. Methanol to Olefins (MTO): From Fundamentals to Commercialization // ACS Catalysis. — 2015. — Vol. 5, No. 3. — P. 1922–1938. — DOI: 10.1021/acscatal.5b00007.

5. Ye M., Tian P., Liu Z. DMTO: A Sustainable Methanol-to-Olefins Technology // **Engineering**. — 2021. — Vol. 7, Issue 1. — P. 17–21. — DOI: **10.1016/j.eng.2020.12.001**.

6. Oybek Kuybokarov, Muradulla Karshiyev, Ganisher Rakhimov, Research of the catalytic properties of a catalyst selected for the production of high-molecular weight liquid synthetic hydrocarbons from synthesis gas E3S Web Conf. III International Conference on Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection (ICAPE2024) Volume 498, 2024.

7. F.D.Egamnazarova.,O.E.Quyboqarov.,U.R.Panjiyev, Sanoatda raqamli texnologiyalar(E) ISSN: 3030-3214 Volume 2, № 3 2024

8. Egamnazarova, F. D., Qo‘yboqarov, O. E., & Panjiyev, U. R. (2024). Fischer-tropsch sintezi orqali na –asosida boyitilgan fe-zn tarkib katalizatorlarda olefin ishlab chiqarish. "sanoatda raqamli texnologiyalar" ilmiy-texnik jurnali, 2(3). https://doi.org/10.5281/zenodo.13384812B.

9. W. Ngantsoue-Hoc., Y. Zhang, Robert J. O‘Brien,M. Luo, B. H. Davis, Applied Catalysis A: General 2002. P. 65-77.

10. X. Zhou., J. Ji., Di Wang., X. Duan., G. Qian., de Chen., X. Zhou. Chemical Communications 2015. 51 P. 263-269.

11. S. Wang. Improved Fischer–Tropsch synthesis for gasoline over Ru, Ni promoted Co/HZSM-5 catalysts, Fuel, Jg. 108, 2013. P. 597–603

ISSN 3030-3907

UO‘K: 665.7.038

KISLOROD VA AZOT SAQLAGAN BENZINNI OKTAN SONINI OSHIRUVCHI TURLI MARKALI ORGANIK QO‘SHIMCHALARNI DVIGATELDAN CHIQADIGAN ZAXARLI GAZLAR MIQDORIGA TA’SIRINI O‘RGANISH

S.M. Jovliyev
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti
F.N.Nurqulov
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti
S.A. Berdiyev
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti
I.I.Turg‘unov
Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti

Annotatsiya. Ilmiy tadqiqot ishimizda bir nechta benzinni oktan sonini oshiruvchi kislorod va azot saqlagan organik qo‘shimchalarni sinovdan o‘tkazdik. Ular: triasetin (TA), diizoamilftalat efiri (DIAF), N-metilanilin (MMA), izoamil asetat (IAA), izopropanol spirti (IPS), metanol (MS) va urotropin asosida olingan. Bunda qo‘shimchalar mahalliy past oktanli benzin va uning turli fraksiyalari bilan kompaundlanib, UIT-85 qurilmasi yordamida oktan sonini oshirish darajalari xamda dvigatelda yonishi natijasida xavoga chiqadigan zaxarli gazlar konsentratsiyasiga ta’siri o‘rganilgan. CH miqdori 1,7 marta kamaygan, benzinning oktan soni esa 80 birlikdan 92 birlikka ko‘tarilgani aniqlandi

Kalit so‘zlar: organik qo‘shimcha, oktan soni, benzin, oksigenat

Аннотация. Данной научно-исследовательской работе были испытаны несколько органических кислород- и азотсодержащих присадок, повышающих октановое число бензина. К ним относятся: триацетин (ТА), ди(изоамил)фталат (ДИАФ), N-метиланилин (ММА), изоамил ацетат (ИАА), изопропанол (ИПС), метанол (МС), а также соединение, полученное на основе уротропина. Данные присадки компаундировали с местным низкооктановым бензином и его различными фракциями. С использованием установки УИТ-85 были исследованы степень повышения октанового числа, а также влияние на концентрацию токсичных газов, выделяющихся в атмосферу при сгорании топлива в двигателе. Установлено, что содержание CH уменьшилось в 1,7 раза, а октановое число бензина повысилось с 80 до 92 единиц.

Ключевые слова: органическая присадка, октановое число, бензин, оксигенаты

ISSN 3030-3907

Abstract. In this scientific research work, several oxygen- and nitrogen-containing organic additives that increase the octane number of gasoline were tested. These include triacetin (TA), diisoamyl hthalate (DIAF), N-methylaniline (MMA), isoamyl acetate (IAA), isopropanol (IPS), methanol (MS), and a compound obtained on the basis of urotropine. The additives were blended with locally produced low-octane gasoline and its various fractions. Using a UIT-85 testing unit, the degree of octane number increase and the effect on the concentration of toxic gases released into the atmosphere during fuel combustion in the engine were studied. The results showed that the CH content decreased by 1.7 times, while the octane number of gasoline increased from 80 to 92 units.

Keywords: organic additive, octane number, gasoline, oxygenates

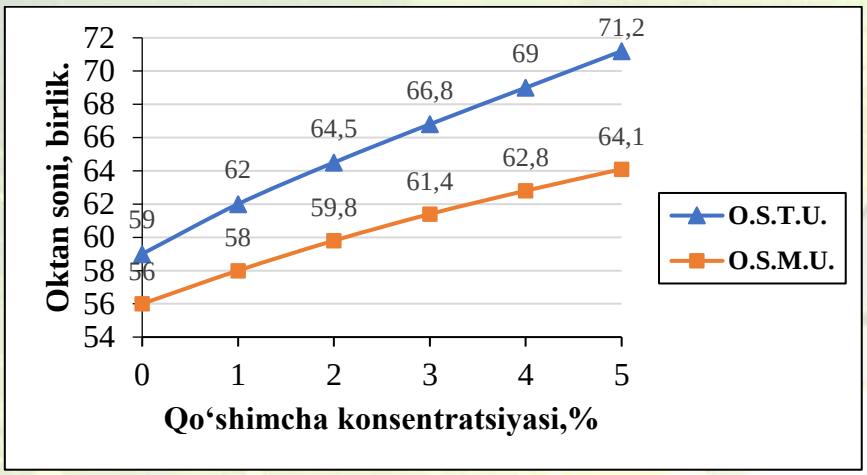
KIRISH

So‘nggi yillarda avtomobil transportining jadal rivojlanishi motor yoqilg‘ilariga bo‘lgan talabning ortishiga olib kelmoqda. Zamonaviy dvigatellar yuqori oktan soniga ega va ekologik talablarga javob beruvchi benzinlardan foydalanishni talab qiladi. Benzinning muhim sifat ko‘rsatkichlaridan biri uning portlashga chidamliligi hisoblanadi. Bu ko‘rsatkich oktan soni orqali baholanadi va yoqilg‘ining detonatsiyaga chidamliligini tavsiflaydi [1,2,].

Avvalgi yillarda benzinning oktan sonini oshirish uchun metall asosidagi qo‘shimchalar, xususan tetraetilqo‘rg‘oshin keng qo‘llanilgan. Biroq ushbu moddalarning ekologik zararli ta’siri sababli ularni qo‘llash ko‘plab mamlakatlarda cheklangan. [3,4,]. Shu sababli zamonaviy yoqilg‘i texnologiyalarida ekologik xavfsiz bo‘lgan kislorod va azot saqlagan organik birikmalar asosidagi qo‘shimchalardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etmoqda.Benzin yoqilg‘isi tarkibida kislorodni o‘z ichiga olgan antidetonatsiya agentlari miqdori qoida tariqasida, bir necha foizni tashkil qiladi va ular oktan sonini ko‘paytiruvchi qo‘shimchalar sifatida tavsiflanadi. Kislorodning muhim afzalligi ularni neft bo‘lmagan xomashyolardan qisman yoki to‘liq ishlab chiqarish imkoniyati mavjudligi alohida ahamiyatga ega. [5,6]. Boshqacha qilib aytganda, yoqilg‘ida oksigenatlardan foydalanish an’anaviy energiya manbaalarini saqlab qolishga va muqobillaridan foydalanishga yordam beradi[7,8].

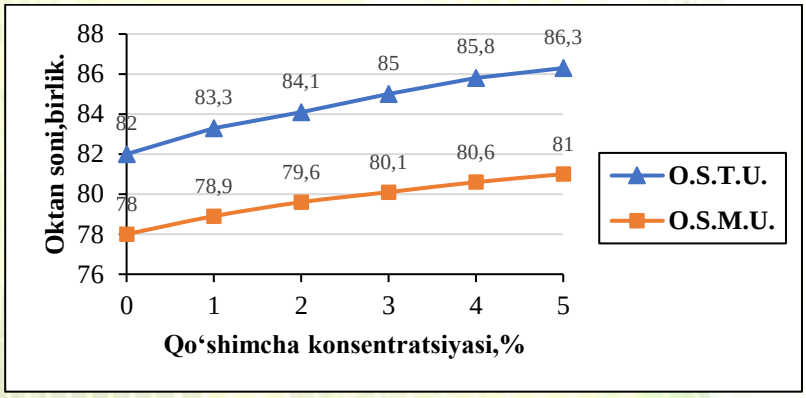
TAJRIBAVIY QISM: O‘tkazilgan tadqiqot natijalarida, barcha qo‘llanilgan oksigenatlar va azot saqlagan birikmalar AI-80 markali (riformat :tog‘ridan-to‘g‘ri haydalgan)benzinini oktan sonini ma’lum bir birlikga oshirishini ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907



1 -Rasm. TA qo‘shilganda to‘g‘ridan -to‘g‘ri haydalgan benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

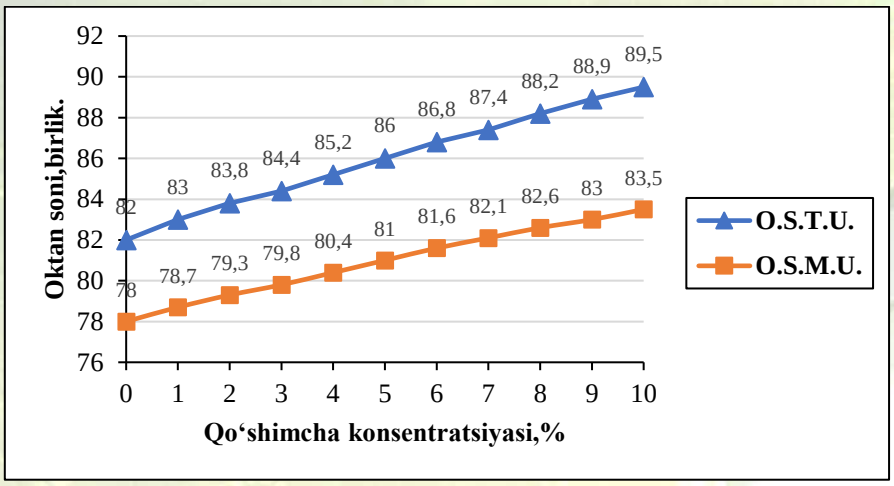
Kislorod saqlagan TA organik qo‘shimcha to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan benzinga qo‘shilganda, benzin fraksiyasining oktan soni o‘zgarishlari turli konsentratsiyalarda ko‘rsatilgan. Oktan sonining o‘sishi OSTU bo‘yicha 12,2 (birlik) va OSMU bo‘yicha 8,1 (birlik) ni tashkil etganligi ko‘rinib turibdi.



2–Rasm. TA markali qo‘shimcha qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Taklif etilayotgan TA markali organik qo‘shimcha AI-80 markali (riformat: tog‘ridan-to‘g‘ri haydalgan) benzin fraksiyasining oktan soni o‘zgarishlari turli konsentrasiyalarda ko‘rsatilgan. Oktan sonining o‘sishi OSTU bo‘yicha 4,3 (birlik) va OSMU bo‘yicha 3 (birlik) ni tashkil etganligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907



3–Rasm. Diizoamilftalat (DIAF) qo‘shimcha sifatida qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

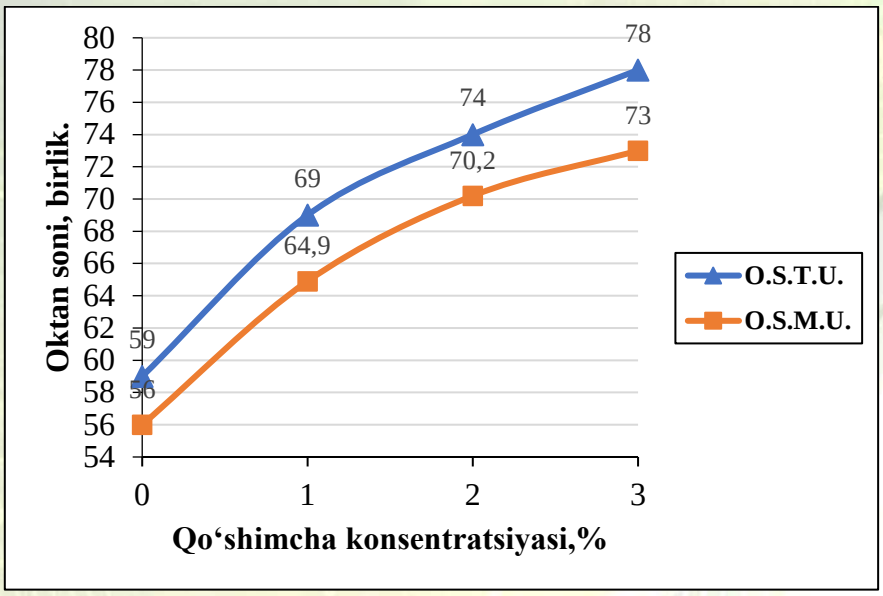
OSTU usulida aniqlanganda 7,5 (birlik) ga 82 dan 89,5 (birlik) gacha oktan sonini oshirganligi aniqlandi. Shu bilan birga OSMU usulida aniqlanganda fraksiyasining oktan soniga ta’siri 5,5 (birlik) ga, 78 dan 83,5 (birlik) gacha oktan sonini oshirganligi aniqlandi.

1-jadval

MMA qo‘shilganda to‘g‘ridan - to‘g‘ri haydalgan benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Namunaning nomlanishi	Qo‘shimcha miqdori%	Oktan soni tadqiqot usuli	Oktan soni motor usuli
MMA	1%	10 birlik	8,9 birlik
	1,3%	12,5 birlik	11 birlik
	2%	15 birlik	14,2 birlik
	3%	19 birlik	17 birlik

ISSN 3030-3907



4-Rasm. MMA qo‘shilganda to‘g‘ridan - to‘g‘ri haydalgan benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

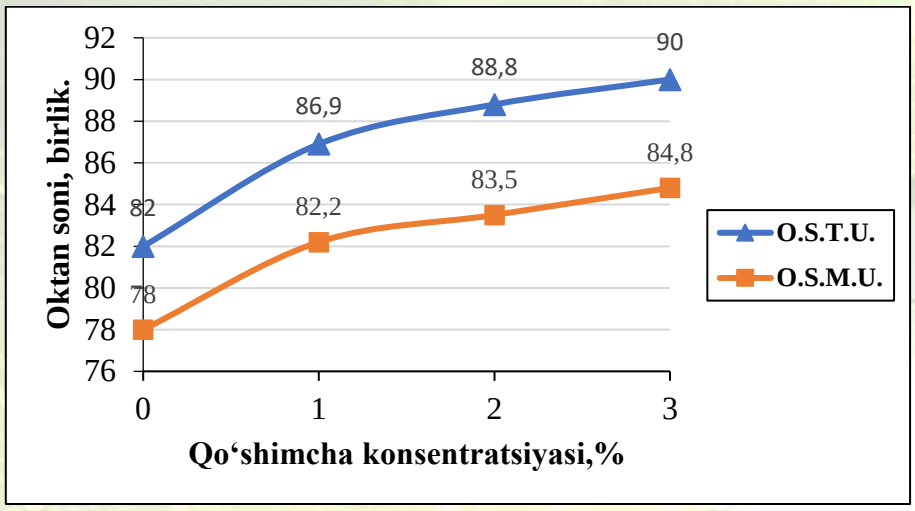
Azot saqlagan MMA organik qo‘shimcha to‘g‘ridan to‘g‘ri haydalgan benzinga qo‘shilganda, benzin fraksiyasining oktan soni o‘zgarishlari turli konsentratsiyalarda ko‘rsatilgan. Oktan sonining o‘sishi OSTU bo‘yicha 1% qo‘shilganda 10 birlik (OSTU) va 8,9 birlik (OSMU); 1,3% qo‘shilganda 12,5 birlik (OSTU) va 11 birlik (OSMU); 2% qo‘shilganda 15 birlik (OSTU) va 14,2 birlik (OSMU); 3% qo‘shilganda 19 birlik (OSTU) va 17 birlik (OSMU); oktan sonini oshirganligi aniqlandi.

2-jadval

MMA qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Namunaning nomlanishi	Qo‘shimcha miqdori%	Oktan soni tadqiqot usuli	Oktan soni motor usuli
MMA	1%	4,9 birlik	4,2 birlik
	1,3%	5,5 birlik	5,1 birlik
	2%	6,5 birlik	5,5 birlik
	3%	8 birlik	6,8 birlik

ISSN 3030-3907



5-Rasm. MMA qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Azot saqlagan MMA organik qo‘shimcha AI-80 markali (riformat:tog‘ridan-to‘g‘ri haydalgan) benzinga qo‘shilganda, benzin fraksiyasining oktan soni o‘zgarishlari turli konsentratsiyalarda ko‘rsatilgan. Oktan sonining o‘sishi OSTU bo‘yicha 1% qo‘shilganda 4,9 birlik (OSTU) va 4,2 birlik (OSMU); 1,3% qo‘shilganda 5,5 birlik (OSTU) va 5 birlik (OSMU); 2% qo‘shilganda 6,8 birlik (OSTU) va 5,5 birlik (OSMU); 3% qo‘shilganda 8 birlik (OSTU) va 6,8 birlik (OSMU); oktan sonini oshirganligi aniqlandi

NATIJALAR.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalarida, barcha qo‘llanilgan oksigenatlar va azot saqlagan birikmalar AI-80 tovar benzinini oktan sonini ma’lum bir birlikga oshirishini ko‘rsatdi. Bu ko‘tarilishlar ayrim oksigenatlarda sezilarli bo‘lsa, boshqalarida o‘sish tezligi nisbatan past. Ushbu o‘zgarish ko‘rsatkichlari va oksigenat resurslari va tannarxidan kelib chiqqan holda, benzinni antidetonatsion xossasini oshirish maqsadida ushbu oksigenatlarni va azot saqlagan birikmalarni aralashtirib, yangi turdagi benzinni oktan sonini oshiruvchi qo‘shimchalar olindi. Olingan benzinni oktan sonini oshiruvchi kislorod va azot saqlagan antidetonatsion qo‘shimchalar tarkibi va nomlanishi 1-jadvalda keltirilgan.

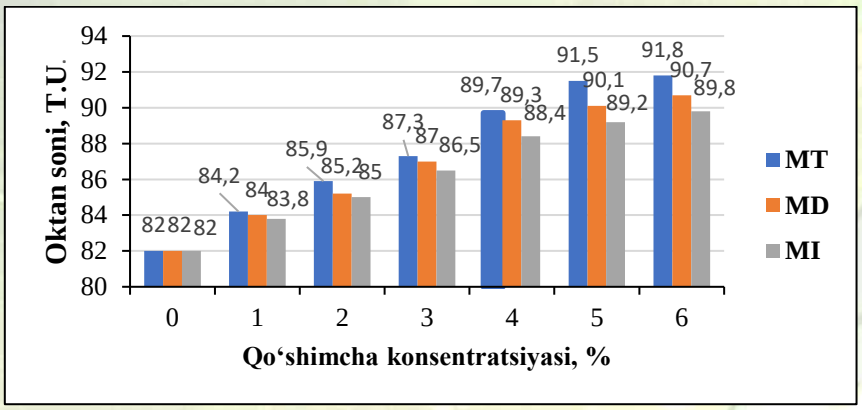
1-jadval

Olingan benzinni oktan sonini oshiruvchi kislorod va azot saqlagan organik qo‘shimchalarni tarkibi

Olingan qo‘shimchalarini nomlanishi	Qo‘shimchalarning komponentlari
MT	MMA:TA(1:4)
MD	MMA:DIAF(1:4)
MI	MMA:IAA(1:4)

Tadqiqotimizda dastlab MT, MD, MI azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalarni past oktanli benzinning oktan soniga ta’siri aniqlandi.

ISSN 3030-3907



6-Rasm. MT, MD, MI organik qo‘shimchalarining past oktanli benzinni oktan soniga ta’siri

Bu yerda MMA va TA asosida olingan MT qo‘shimcha namunasi boshqa qo‘shimchalarga nisbatan yuqori ko‘rsatkichni ko‘rsatdi.

2-jadval

Tarkibida kislorod saqlagan efirlar va spirtlar asosidagi (TME) tarkibli organik qo‘shimchalar

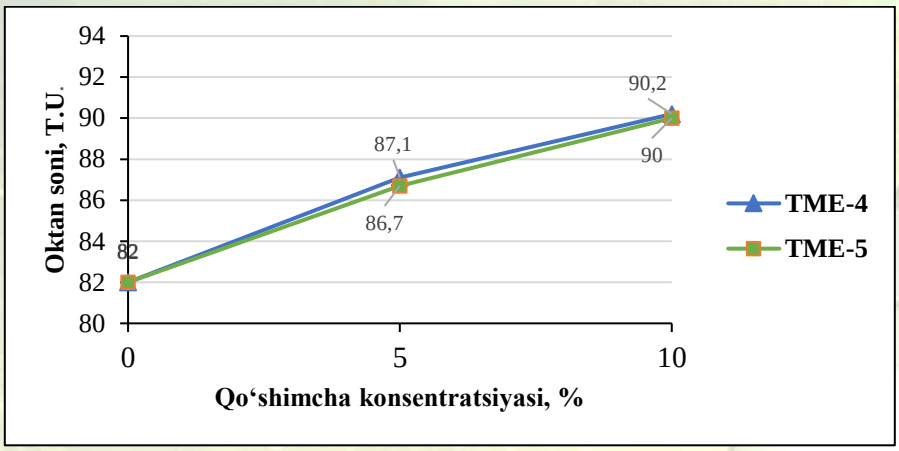
№	Organik qo‘shimchalarni nomlanishi	Qo‘shimchalarni xajmiy tarkibi %				
		TA	DIAF	IAA	IPS	MS
1	TME-1	20	40	10	10	10
2	TME-2	20	20	30	10	10
3	TME-3	10	30	30	20	10
4	TME-4	15	40	30	10	5
5	TME-5	10	40	30	10	10

3–jadval

(TME) tarkibli organik qo‘shimchalar qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Namunaning nomlanishi	Qo‘shimcha miqdori%	Oktan soni tadqiqot usuli	Qo‘shimcha miqdori%	Oktan soni tadqiqot usuli
TME-1	5 %	4,7 birlik	10 %	7,5 birlik
TME-2	5 %	4,7 birlik	10 %	7,7 birlik
TME-3	5 %	4,5 birlik	10 %	7,5 birlik
TME-4	5 %	5,1 birlik	10 %	8,2 birlik
TME-5	5 %	4,7 birlik	10 %	8 birlik

ISSN 3030-3907



7-rasm. TME-4, TME-5 markali organik qo‘shimchalarni AI-80 benzinning oktan soniga ta’siri

Bunda TA, DIAF, IAA, IPS, MS lar asosida olingan TME-4 ni TME-5 markali kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar namunasi boshqa markalilariga nisbatan yuqori ko‘rsatkichni ko‘rsatdi. Ushbu qo‘shimchalarni past oktan sonli AI-80 markali (riformat: tog‘ridan-to‘g‘ri haydalgan) benzinga 5% miqdorgacha qo‘shilganda, oktan soni katta birliklarda ko‘tarildi va undan yuqori konsentrasiyalarda ushbu ko‘tarilish bir oz pasaydi.

Tadqiqotlarimizni so‘nggi bosqichida MMA va urotropinni TA bilan birgalikdagi (HMK) markali namunalari olinib, ularni AI-80 benzini oktan soniga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalari 8-rasmda keltirilgan.

4–jadval

(HMK) tarkibli organik qo‘shimchalarning hajmiy nisbati

№	Organik qo‘shimchalar**ning nomlanishi**	Qo‘shimchalarni **xajmiy tarkibi %**		
		MMA	TA	Urotropin
1	HMK-1	20	70	10
2	HMK-2	20	75	5
3	HMK-3	20	65	15
4	HMK-4	15	75	10
5	HMK-5	20	60	20

5–jadval

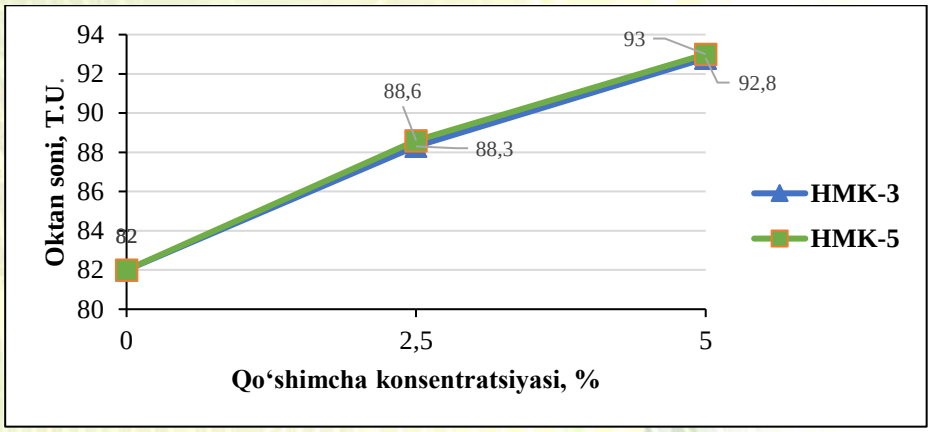
(HMK) tarkibli organik qo‘shimchalar qo‘shilganda AI-80 benzinning oktan sonini o‘zgarishi.

Namunaning nomlanishi	**Qo‘shimcha miqdori%**	**Oktan soni tadqiqot usuli**	**Qo‘shimcha miqdori%**	**Oktan soni tadqiqot usuli**
HMK-1	2,5%	6,3 birlik	5 %	10,6 birlik

ISSN 3030-3907

HMK-2	2,5%	6,2 birlik	5 %	10,2 birlik
HMK-3	2,5%	6,3 birlik	5 %	10,8 birlik
HMK-4	2,5%	6,2 birlik	5 %	10 birlik
HMK-5	2,5%	6,6 birlik	5 %	11 birlik

Ushbu organik qo‘shimchalar bilan o‘tkazilgan tajribalarda optimal nisbatlar topildi. Bu yerda oktan sonini o‘sishini urotropinni konsentratsiyaga bog‘liqligini ko‘rishimiz mumkin. Benzinni oktan sonini oshiruvchi azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar va ular asosida olingan yangi komponentlar aralashmasi avtomobil benzinlarining detonatsion barqarorligini tadqiq qilish natijalari HMK-3 va HMK-5 markali organik qo‘shimchalari eng yuqori ko‘rsatkichlarni namoyon etganini ko‘rsatdi.



8-rasm. HMK-3, HMK-5 markali organik qo‘shimchalarning AI-80 benzinning oktan soniga ta’sir.

Navbatdagi tadqiqotimizda mahalliy past oktan soniga ega avtomobil benzinlarini azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar bilan kompoundlab, olingan yuqori oktan soniga ega benzin namunalarini dvigatelda yonishi natijasida havoga chiqadigan chiqindi gazlarni konsentratsiyasini aniqlash bo‘yicha sinov jarayonlari O‘zbekiston Respublikasi Tabiat resurslari vazirligi Toshkent shahar boshqarmasi ilmiy laboratoriyasida olib borildi. Sinov jarayonlari GOST 17.2.2.03-87 standartiga muofiq besh komponentli INFRAKAR 5M-3T.01 markali gaz-analizator qurulmasida o‘kazildi.

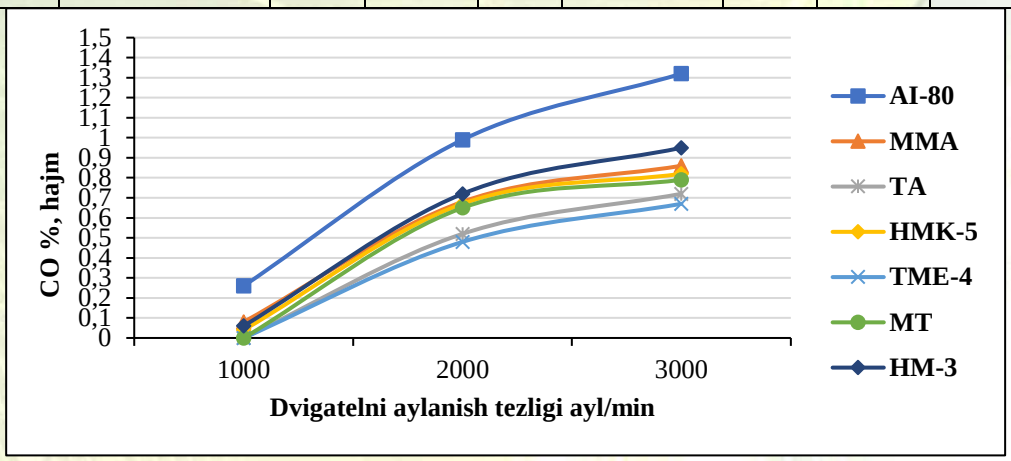
6-jadval

Azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar bilan kompoundlangan benzin namunalarini dvigatelda yonish natijasida xavoga chiqadigan chiqindi gazlar konsentratsiyasi

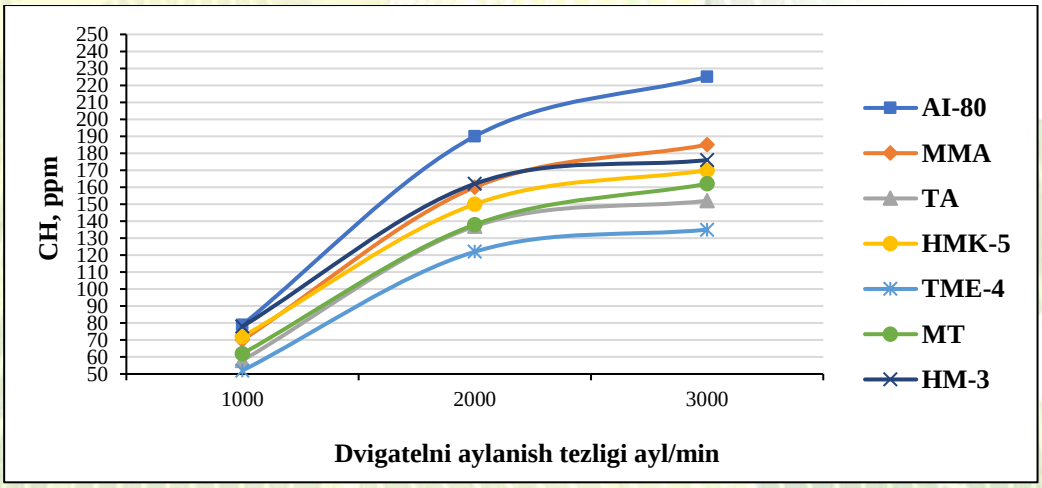
Namunaning nomlanishi	Qo‘shimcha miqdori	N_{min}				N_{max}			
		CO	CO_2	CH	O_2/NO_x	CO	CO_2	CH	O_2/NO_x
AI-80	-	0,26	14,69	074	0,35/047	1,32	13,67	225	1,05/135
MMA	1,3%	0,08	14,95	070	0,21/042	0,86	13,92	185	0,71/114

ISSN 3030-3907

TA	5%	0,00	15,94	058	0,18/035	0,72	15,34	152	0,52/091
HMK-5	5%	0,04	14,82	072	0,22/049	0,82	14,65	170	0,61/122
TME-4	10%	0,00	16,02	052	0,16/032	0,67	15,69	135	0,48/083
MT	5%	0,00	15,67	062	0,20/038	0,79	14,52	162	0,65/098
HM-3	2,5%	0,06	14,66	075	0,25/050	0,95	13,80	176	0,74/131



9-rasm. Azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar bilan kompoundlangan benzin namunalarini dvigatelda yonish natijasida xavoga chiqadigan CO % ning konsentratsiyasini o‘zgarishi



10-rasm. Azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar bilan kompoundlangan benzin namunalarini dvigatelda yonish natijasida havoga chiqadigan CH ppm ko‘rsatkichining o‘zgarishi

GOST 17.2.2.03-87 standartiga muofiq besh komponentli INFRAKAR 5M-3T.01 markali gaz-analizator qurulmasida havoga chiqadigan chiqindi gazlarni konsentratsiyasini aniqlash sinov jarayonlarida, ishlatilgan benzin namunalariga O‘z DSt 3031-2015 normalari bo‘yicha turli xil konsentratsiyalarda qo‘shimchalar qo‘shilgan. AI-80 markali (riformat va to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan) benzin namunasi gaz analizatordan o‘tkazilganda N_{min} da CO-0,26%, CO_2-14,69%, CH-74ppm, NO_x-47ppm va yonishda ishtirok etmagan O_2-0,35 % ga tengligi aniqlangan. N_{max} da esa CO-1,32%, CO_2-13,67%, CH-225ppm, NO_x-135ppm va

ISSN 3030-3907

yonishda ishtirok etmagan O_2-1,05 % ga tengligini ko‘rsatdi. Chiqindi gazlar ichida eng zaxarli va xarakterlisi CO va CH lar hisoblanadi. Chiqindi gazlarni tahlilida asosan shu gazlarni N_{max} da konsentratsiyalari o‘zgarishi keltirilgan. MMA tarkibli qo‘shimcha N_{max} da AI-80 benziniga 1,3% qo‘shilganda CO ning hajmiy konsentratsiyasini 0,46 % ga, CH ni esa 40 ppm ga kamaytirdi. TA markali kislorod saqlagan qo‘shimchadan 5% qo‘shilganda CO ning konsentratsiyasini 0,6 % ga, CH ni esa 73 ppm ga kamaytirdi. HMK-5 markali kislorod va azot saqlagan qo‘shimchadan 5% qo‘shilganda CO ning konsentratsiyasini 0,5 % ga, CH ni esa 55 ppm ga kamaytirdi. TME-4 markali kislorod saqlagan qo‘shimchadan 10% qo‘shilganda CO ning konsentratsiyasini 0,65 % ga, CH ni esa 90 ppm ga kamaytirdi. MT markali kislorod va azot saqlagan qo‘shimchadan 5% qo‘shilganda CO ning konsentratsiyasini 0,53 % ga, CH ni esa 63 ppm ga kamaytirdi. HM-3 markali azot saqlagan qo‘shimchadan 2,5% qo‘shilganda CO ning konsentratsiyasini 0,37 % ga, CH ni esa 49 ppm ga kamaytirdi.

XULOSA.

Avtomobil yoqilg‘ilarini oktan sonini oshiruvchi, tarkibida azot va kislorod bo‘lgan TA, MMA, DIAF, IAA markali organik qo‘shimchalar sintez qilingan va ularni samaradorligi to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan benzin fraksiyasini O.S.M.U 11(birlik) 56 dan 67 gacha O.S.T.U. 12,5 (birlik) 59 dan 71,5 gacha ko‘tarilgani xamda AI-80 (riformat va to‘g‘rida-to‘g‘ri haydalgan) benzin namunalarida O.S.M.U. 82 (birlik) dan 87,1 (birlik) gacha, O.S.T.U. usulida 85,5 (birlik) gacha ko‘tarilgani aniqlandi. Sintez qilingan TA, MMA, DIAF, IAA qo‘shimchalarni turli nisbatlardagi aralashmalari asosida azot va kislorod saqlagan MT, MD, MI, HMK-5, TME-4, HM-3 – markali organik qo‘shimchalar olindi hamda ularni AI-80 (riformat va to‘g‘ridan-to‘g‘ri haydalgan) benzin bilan kompoundlab olingan namunalari UIT-85 qurulmasida GOST 8226 ga muofiq sinovdan o‘tkazildi. Oktan soni 82 (birlik) O.S.T.U. usulida 11 (birlik) gacha oshganligi aniqlandi. Azot va kislorod saqlagan organik qo‘shimchalar bilan kompoundlangan benzin namunalarini dvigatelda yonish natijasida havoga chiqadigan zaxarli gazlar konsentratsiyasini o‘rganilganda TME-4, MT markali qo‘shimchalarda ekologik samaradorlik yuqori ekanligi aniqlandi. TME-4 markali kislorod saqlagan qo‘shimchadan 10% qo‘shilganda CO ning konsentratsiyasini 2 martagacha, CH ni esa 1,7 martagacha kamaytirdi. MT markali kislorod va azot saqlagan qo‘shimchadan 5% qo‘shilganda esa CO ning konsentratsiyasini 1,7 martagacha, CH ni esa 1,4 ppm martagacha kamaytirdi. Ekologik va ekspluatatsiya xususiyatlarini yaxshilash hamda mahalliy AI-80 benzinini Yevro standartlariga etkazishga ushbu tadqiqotlar xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lipin P. V. et al. Joint Cracking of Vacuum Gasoil with Vegetable Oils on Zeolite-Containing Catalysts of Various Compositions //Petroleum Chemistry. – 2022. – Т. 62. – №. 8. – С. 886-895.
2. Брагинский О. Б. Альтернативные моторные топлива: мировые тенденции и выбор для России //Российский химический журнал. – 2008. – Т. 52. – №. 6. – С. 137-146.
3. Каримов Н. и др. Исследование и применение импортозамещающих продукций переработки сивушных фракций на ректификационных установках.
4. Бабкин К. Д. Влияние метил-трет-бутилового (МТБЭ) и метилтрет-амилового (МТАЭ) эфиров на свойства реформулированных бензинов: дис.– Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/РГУ нефти и газа им. ИМ Губкина. Москва, 2020–117 с, 2020.
5. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти и газа. Часть П. Физико-химическая технология переработки углеводородного сырья. - М.: Колосс, 2006. - 480 с.
6. Каюмов Ж.С. Производство моторных топлив с улучшенными экологическими свойствами // Узбекский химический журнал. – Ташкент, 2015. – № 3. – С. 72-76.
7. Тургунов И.И., Нуркулов Ф. Н., Джалилов А. Т. Получение азотсодержащих органических присадок повышающих октановое число бензина // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2021. 11(92). DOI - 10.32743/2021.92.11.12652/ 83-86 b
8. I.I. Turg‘unov A.T. Djalilov F.N. Nurqulov, Benzinning oktan sonini oshiruvchi kislorod saqlagan organik qo‘shimchalarni olish va fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish. O‘zbekiston Kompozitsion materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali №4/2022/ 20-23b.

ISSN 3030-3907

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЧИТАТЕЛЬСКОЙ ГРАМОТНОСТИ И ФОРМИРОВАНИЯ ЯЗЫКОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Хайитова Клара Абдухалиловна

Магистрант направления «Теория и методы начального образования» Ташкентского Международного университета Кимё

М.С. Ахмедова

Ташкентского Международного университета Научный руководитель доцент

Аннотация. В условиях модернизации системы образования особое значение приобретает развитие читательской грамотности как основы формирования языковых компетенций обучающихся. Читательская грамотность рассматривается не только как способность понимать текст, но и как умение интерпретировать информацию, анализировать содержание, соотносить полученные сведения с имеющимися знаниями и применять их в различных учебных и жизненных ситуациях. В этой связи возрастает роль психолого-педагогических факторов, определяющих эффективность формирования данных навыков. В статье рассматриваются основные психолого-педагогические аспекты развития читательской грамотности и языковых компетенций учащихся. Особое внимание уделяется когнитивным процессам восприятия текста, мотивационным условиям учебной деятельности, а также педагогическим подходам, способствующим формированию осмысленного чтения и речевой активности. Проанализированы педагогические условия, обеспечивающие развитие у обучающихся навыков анализа, интерпретации и критического осмысления текстовой информации. Отмечается, что интеграция психолого-педагогических подходов, использование современных методических приемов и активных форм обучения позволяют значительно повысить уровень читательской культуры учащихся и способствуют более устойчивому формированию языковых компетенций. Результаты исследования показывают, что системная работа с текстом, направленная на развитие познавательной активности, аналитического мышления и коммуникативных умений, является важным условием повышения качества образования. Представленные в работе положения могут быть использованы в практике преподавания языковых дисциплин и при разработке методических рекомендаций по развитию читательской грамотности учащихся.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: читательская грамотность, языковые компетенции, психолого-педагогические аспекты, развитие речи, работа с текстом, когнитивные процессы, образовательный процесс, коммуникативные навыки.

Annotatsiya. Ta'lim tizimini modernizatsiya qilish kontekstida o‘quv savodxonligini rivojlantirish talabalarning til kompetentsiyalarini shakllantirishning asosiy poydevori sifatida alohida ahamiyatga ega. O‘qish savodxonligi nafaqat matnni tushunish qobiliyati, balki ma'lumotni talqin qilish, mazmunni tahlil qilish, olingan ma'lumotni mavjud bilimlar bilan bog‘lash va uni turli ta'limiy hamda hayotiy vaziyatlarda qo‘llash qobiliyati sifatida qaraladi. Shu nuqtai nazardan, bu ko‘nikmalarni shakllantirish samaradorligini belgilovchi psixologik va pedagogik omillarning roli ortib bormoqda. Maqolada talabalarning o‘qish savodxonligi va til kompetentsiyalarini rivojlantirishning asosiy psixologik va pedagogik jihatlari muhokama qilinadi. Matnni idrok etishning kognitiv jarayonlariga, ta'limiy faoliyatning motivatsion sharoitlariga hamda mazmunli o‘qish va nutq faoliyatini shakllantirishga hissa qo‘shadigan pedagogik yondashuvlarga alohida e'tibor qaratiladi. Talabalarning matnli ma'lumotni tahlil qilish, talqin qilish va tanqidiy tushunish ko‘nikmalarini rivojlantirishni ta'minlovchi pedagogik sharoitlar tahlil qilinadi. Psixologik va pedagogik yondashuvlarni integratsiya qilish, zamonaviy metodologik texnikalar va faol o‘qitish shakllaridan foydalanish talabalarning o‘qish madaniyatini sezilarli darajada yaxshilashi va til kompetentsiyalarining barqarorroq shakllanishiga hissa qo‘shishi qayd etiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, kognitiv faollik, tahliliy fikrlash va kommunikativ ko‘nikmalarni rivojlantirishga qaratilgan matn bilan tizimli ishlash ta'lim sifatini oshirishning muhim sharti hisoblanadi. Ishda keltirilgan tavsiyalar til fanlarini o‘qitish amaliyotida hamda talabalarning o‘qish savodxonligini rivojlantirish bo‘yicha metodik tavsiyalar ishlab chiqishda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: o‘qish savodxonligi, til kompetentsiyalari, psixologik va pedagogik jihatlar, nutq rivoji, matn bilan ishlash, kognitiv jarayonlar, ta'limiy jarayon, muloqot ko‘nikmalari.

Abstract. In the context of modernising the education system, the development of reading literacy as the basis for the formation of students' language competences is of particular importance. Reading literacy is seen not only as the ability to understand text, but also as the ability to interpret information, analyse content, correlate the information obtained with existing knowledge, and apply it in various educational and life situations. In this regard, the role of psychological and pedagogical factors that determine the effectiveness of the formation of these skills

ISSN 3030-3907

is increasing. The article discusses the main psychological and pedagogical aspects of the development of students' reading literacy and language competences. Particular attention is paid to the cognitive processes of text perception, the motivational conditions of educational activity, as well as pedagogical approaches that contribute to the formation of meaningful reading and speech activity. The pedagogical conditions that ensure the development of students' skills in analysing, interpreting and critically understanding textual information are analysed. It is noted that the integration of psychological and pedagogical approaches, the use of modern methodological techniques and active forms of teaching significantly improve students' reading culture and contribute to the more sustainable formation of language competences. The results of the study show that systematic work with text aimed at developing cognitive activity, analytical thinking and communication skills is an important condition for improving the quality of education. The provisions presented in the work can be used in the practice of teaching language disciplines and in the development of methodological recommendations for the development of students' reading literacy.

Keywords: reading literacy, language competences, psychological and pedagogical aspects, speech development, work with text, cognitive processes, educational process, communication skills.

ВВЕДЕНИЕ.

В современном образовательном пространстве вопросы развития читательской грамотности приобретают особую актуальность. В условиях стремительного увеличения объёма информации и активной цифровизации общества способность человека осмысленно воспринимать текст, анализировать его содержание и критически оценивать полученную информацию становится одной из ключевых компетенций. Именно читательская грамотность обеспечивает формирование интеллектуального потенциала личности, способствует развитию аналитического мышления и является важной основой для овладения различными видами языковой деятельности.

Следует отметить, что читательская грамотность в педагогической науке рассматривается не только как умение читать и понимать текст. Современные исследования трактуют её как комплексную способность, включающую интерпретацию смыслов, установление причинно-следственных связей, сопоставление текстовой информации с имеющимися знаниями и её использование для решения познавательных задач. В этом контексте формирование читательской грамотности тесно связано с развитием языковых компетенций, которые обеспечивают эффективное

ISSN 3030-3907

владение речевыми средствами, расширяют коммуникативные возможности обучающихся и создают условия для полноценного участия в образовательной и социальной деятельности.

Важную роль в данном процессе играют психолого-педагогические факторы, определяющие особенности восприятия, осмысления и интерпретации текстовой информации. С психологической точки зрения процесс чтения представляет собой сложную когнитивную деятельность, включающую восприятие, память, мышление, воображение и речевые механизмы. Эффективность формирования читательской грамотности во многом зависит от уровня развития познавательных процессов обучающихся, их мотивации к чтению, способности к анализу и обобщению информации. В свою очередь, педагогические условия обучения, методы работы с текстом, организация учебного взаимодействия и использование современных образовательных технологий оказывают существенное влияние на качество формирования данных навыков.

Особую значимость проблема развития читательской грамотности приобретает в условиях компетентностно-ориентированного образования, где основной целью обучения становится не только передача знаний, но и формирование у обучающихся способности самостоятельно работать с информацией, критически её осмысливать и применять в различных ситуациях. В этой связи возникает необходимость комплексного анализа психолого-педагогических аспектов, влияющих на формирование читательской грамотности и языковых компетенций, а также поиска эффективных методических подходов, способствующих развитию данных умений.

Таким образом, изучение психолого-педагогических механизмов развития читательской грамотности и языковых компетенций представляет собой важное направление современной педагогической науки. Рассмотрение данной проблемы позволяет определить наиболее эффективные условия организации образовательного процесса, направленного на формирование у обучающихся навыков осмысленного чтения, аналитического мышления и активной речевой деятельности. В связи с этим целью настоящего исследования является анализ психолого-педагогических аспектов развития читательской грамотности и языковых компетенций обучающихся в условиях современного образовательного процесса.

Таким образом, рассмотрение теоретических основ читательской грамотности и языковых компетенций позволяет сделать вывод о том, что их

ISSN 3030-3907

формирование представляет собой сложный и многоуровневый педагогический процесс. Он включает взаимодействие когнитивных, психологических и методических факторов, которые в совокупности определяют успешность освоения обучающимися навыков осмысленного чтения и речевой деятельности. В этой связи возникает необходимость более детального анализа психолого-педагогических механизмов, лежащих в основе развития данных компетенций, а также изучения научных подходов, предложенных в педагогической и психолингвистической литературе.

Исходя из этого, представляется целесообразным обратиться к анализу существующих исследований, посвящённых проблеме читательской грамотности и формирования языковых компетенций. Рассмотрение научных трудов отечественных и зарубежных исследователей позволяет определить основные направления изучения данной проблемы, выявить методологические подходы и обозначить те аспекты, которые требуют дальнейшего научного осмысления.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Развитие читательской грамотности в современной педагогике рассматривается как один из ключевых факторов формирования интеллектуальной и коммуникативной культуры личности. По мнению ряда исследователей, способность работать с текстовой информацией выступает важным условием успешного освоения учебных дисциплин и формирования универсальных учебных действий.

В педагогической науке проблема читательской грамотности получила широкое освещение в работах как отечественных, так и зарубежных учёных. Так, исследования А. А. Леонтьев подчеркивают психолингвистическую природу чтения, рассматривая его как сложный процесс речевой деятельности, включающий восприятие, интерпретацию и осмысление текста. Учёный отмечает, что эффективность понимания текста напрямую связана с уровнем развития речевого мышления и коммуникативной компетентности обучающихся.

В трудах Л. С. Выготский процесс формирования речевых и читательских навыков рассматривается в контексте культурно-исторической теории развития личности. Согласно данной концепции, развитие языковых компетенций происходит в процессе социального взаимодействия и обучения, где ведущую роль играет педагогическая поддержка и организация образовательной среды.

Существенный вклад в изучение когнитивных механизмов чтения внесли исследования А. Н. Леонтьев, которые рассматривают процесс чтения

ISSN 3030-3907

как деятельность, включающую мотив, цель и систему действий. Данный подход позволяет рассматривать читательскую грамотность не только как результат обучения, но и как сформированную способность обучающихся к самостоятельной работе с информацией.

В зарубежной педагогике проблема читательской грамотности активно исследуется в рамках международных образовательных программ, в частности Organisation for Economic Co-operation and Development, реализующей международное исследование Programme for International Student Assessment. В рамках данных исследований читательская грамотность определяется как способность человека понимать, использовать, анализировать и интерпретировать письменные тексты для достижения собственных целей, расширения знаний и активного участия в общественной жизни.

Результаты исследований PISA показывают, что уровень читательской грамотности обучающихся напрямую зависит от сформированности когнитивных стратегий работы с текстом, уровня мотивации к чтению и педагогических условий организации учебного процесса.

Наряду с этим ряд исследователей рассматривает формирование языковых компетенций в тесной взаимосвязи с развитием читательских навыков. В работах Н. Д. Гальскова и Н. И. Гез подчеркивается, что читательская деятельность способствует расширению словарного запаса обучающихся, формированию грамматических навыков и развитию коммуникативной культуры.

Для более наглядного представления направлений изучения данной проблемы рассмотрим основные научные подходы в виде обобщающей таблицы.

Таблица-1.

Основные направления исследования читательской грамотности

Исследователь	Основное направление исследования	Ключевые идеи
Л.С. Выготский	Психологические основы развития речи	Чтение рассматривается как социально обусловленный процесс развития мышления и речи

ISSN 3030-3907

А.А. Леонтьев	Психолингвистический подход	Чтение представляет собой сложную речевую деятельность, включающую понимание и интерпретацию текста
А.Н. Леонтьев	Деятельностный подход	Читательская деятельность формируется через систему мотивов, целей и действий
Н.Д. Гальскова	Методика формирования языковых компетенций	Чтение способствует развитию лексических и коммуникативных навыков
Исследования PISA	Международный образовательный мониторинг	Читательская грамотность определяется как способность анализировать и использовать текстовую информацию

Анализ научной литературы показывает, что проблема читательской грамотности рассматривается исследователями с различных научных позиций — психологической, лингвистической и педагогической. При этом большинство исследований сходятся во мнении, что формирование данных навыков невозможно без комплексного подхода, включающего развитие когнитивных стратегий, формирование устойчивой мотивации к чтению и использование эффективных методических технологий.

Для более детального понимания данной проблемы рассмотрим, какие именно аспекты читательской грамотности получили наибольшее внимание в научных исследованиях.

ISSN 3030-3907

Таблица-2.

Основные аспекты изучения читательской грамотности в научной литературе

Аспект исследования	Содержание изучения	Основные выводы
Когнитивный	процессы восприятия, анализа и интерпретации текста	уровень понимания текста зависит от развития мышления и памяти
Психологический	мотивация к чтению, интерес к текстовой информации	положительная мотивация повышает эффективность усвоения информации
Педагогический	методы и технологии обучения чтению	интерактивные методы обучения способствуют более глубокому пониманию текста
Коммуникативный	развитие речевых и языковых компетенций	чтение расширяет словарный запас и формирует коммуникативные навыки

Таким образом, анализ научных исследований позволяет сделать вывод о том, что читательская грамотность выступает многокомпонентным явлением, формирование которого требует учета психологических особенностей обучающихся, педагогических условий организации учебного процесса и методических подходов к работе с текстом. Комплексное изучение данной проблемы создаёт предпосылки для разработки эффективных педагогических технологий, направленных на развитие языковых компетенций и формирование устойчивой читательской культуры обучающихся.

Проведённый анализ научной литературы и рассмотрение психолого-педагогических аспектов развития читательской грамотности позволяют более полно представить сложность и многогранность данного образовательного феномена. Изученные теоретические подходы показывают, что формирование читательской грамотности не

ISSN 3030-3907

ограничивается развитием технических навыков чтения, а предполагает целостное развитие познавательных, коммуникативных и аналитических способностей обучающихся. В этом процессе важную роль играют как психологические механизмы восприятия и интерпретации текста, так и педагогические условия организации образовательного процесса, обеспечивающие активное включение учащихся в работу с информацией.

Таким образом, рассмотренные в основной части исследования научные подходы и теоретические положения позволяют определить ключевые направления формирования читательской грамотности и языковых компетенций. Осмысление данных аспектов создаёт основу для выработки педагогических решений, направленных на совершенствование образовательной практики и повышение эффективности обучения. В этой связи возникает необходимость обобщения полученных результатов и формулирования основных выводов, отражающих значение психолого-педагогических факторов в развитии читательской грамотности обучающихся.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Подводя итоги проведённого исследования, следует отметить, что читательская грамотность является одной из важнейших составляющих современного образовательного процесса. Она выступает не только как способность понимать письменный текст, но и как комплексное умение анализировать информацию, интерпретировать её содержание и применять полученные знания в различных учебных и жизненных ситуациях. В условиях современного информационного общества данные навыки приобретают особую значимость, поскольку именно они обеспечивают формирование интеллектуальной самостоятельности личности и развитие её коммуникативного потенциала.

Проведённый анализ научных исследований показал, что формирование читательской грамотности тесно связано с развитием языковых компетенций обучающихся. Читательская деятельность способствует расширению словарного запаса, формированию грамматических навыков, развитию речевого мышления и совершенствованию коммуникативных умений. В свою очередь, высокий уровень языковой подготовки обеспечивает более глубокое понимание текстовой информации и способствует развитию аналитического мышления.

Особое значение в процессе формирования данных навыков имеют психолого-педагогические условия обучения. Эффективность развития читательской грамотности во многом определяется уровнем мотивации обучающихся, особенностями их познавательной деятельности, а также

ISSN 3030-3907

использованием педагогами современных методических подходов к работе с текстом. Применение интерактивных методов обучения, проблемных заданий, аналитической работы с текстовой информацией и коммуникативных форм взаимодействия позволяет создать благоприятные условия для формирования устойчивых читательских и языковых компетенций.

Таким образом, развитие читательской грамотности следует рассматривать как системный педагогический процесс, объединяющий психологические, лингвистические и методические компоненты обучения. Комплексный подход к организации образовательной деятельности способствует формированию у обучающихся способности осмысленно работать с текстовой информацией, развивает их критическое мышление и коммуникативную активность. Представленные в исследовании выводы могут быть использованы при разработке методических рекомендаций, направленных на совершенствование практики обучения и повышение эффективности формирования читательской культуры учащихся.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гальскова Н. Д., Гез Н. И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика. – М.: Академия, 2019. – 336 с.
2. Зимняя И. А. Педагогическая психология. – М.: Юрайт, 2018. – 422 с.
3. Корнилова Т. В., Смирнов С. Д. Когнитивная психология и образование. – М.: Юрайт, 2020. – 352 с.
4. Хуторской А. В. Компетентностный подход в образовании: теория и практика. – М.: Юрайт, 2019. – 280 с.
5. Соловова Е. Н. Методика обучения иностранным языкам: базовый курс. – М.: Просвещение, 2020. – 239 с.
6. Snow C. Reading for Understanding: Toward an R&D Program in Reading Comprehension. – New York: RAND Corporation, 2018. – 145 p.
7. Grabe W., Stoller F. Teaching and Researching Reading. – 3rd ed. – New York: Routledge, 2019. – 304 p.
8. Afflerbach P., Cho B. Determining and describing reading strategies: Internet and traditional forms of reading // Handbook of Reading Research. – New York: Routledge, 2020. – P. 201–225.
9. Sevinch X. M., Ruxshona R., Diyora Q. C. BOSHLANG ‘ICH SINF ONA TILI VA O ‘QISH SAVODXONLIGI DARSLARIDA SO ‘Z TURKUMLARI BO ‘YICHA O ‘QUVCHILARNING TIL KOMPONENTLARINI SHAKLLANTIRISH //Science and innovation. – 2024. – T. 3. – №. Special Issue 51. – C. 283-285.

ISSN 3030-3907

10. Qizi J. D. U., Asal Y. BOSHLANG ‘ICH SINFLARDA TILNI O ‘RGATISHDA ONA TILI DARSLARINING O ‘RNI //Science and innovation. – 2024. – T. 3. – №. Special Issue 26. – C. 723-724.
11. Qizi J. D. U. et al. ONA TILI VA O ‘QISH SAVODXONLIGI DARSLARIDA TARQATMA MATERIALLAR TAYYORLASH, ULARNING AHAMIYATLILIGI //Science and innovation. – 2024. – T. 3. – №. Special Issue 36. – C. 278-279.

ISSN 3030-3907

OLIY TA’LIM TIZIMIDA OILAVIY SHIFOKORLARNI MASOFAVIY O‘QITISHDA PEDAGOGIK QO‘LLAB-QUVVATLASH SAMARADORLIGINI ANIQLASH BO‘YICHA TAJRIBA-SINOV ISHLARI

Voxidov Dilshod Alikulovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti
Ne’matjonova Yulduz O‘tkirjon qizi
Samarqand davlat pedagogika instituti, pedagogika kafedrasi p.f.f.d., v.b., prof.
Ibragimov A’lamjon Amrilloyevich
Samarqand xalqaro texnologiya universiteti, pedagogika fanlari doktori, dosent
Voxidov Alikul Melitoshevich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, iqtisod fanlar nomzodi, katta o‘qituvchi

Annotatsiya. Mazkur maqolada oliy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitish jarayonida pedagogik qo‘llab-quvvatlash samaradorligini aniqlashga qaratilgan aniqlovchi va shakllantiruvchi tajriba-sinov ishlari natijalari yoritilgan. Tadqiqot davomida pedagogik qo‘llab-quvvatlashning ishlab chiqilgan modeli asosida tashkil etilgan ta’lim jarayonining tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga ta’siri tahlil qilindi. Tajriba-sinov natijalari modelning samaradorligini tasdiqladi.

Kalit so‘zlar: aniqlovchi tajriba, shakllantiruvchi tajriba, masofaviy ta’lim, pedagogik qo‘llab-quvvatlash, kasbiy kompetensiya.

Аннотация. В статье представлены результаты констатирующего и формирующего педагогического эксперимента, направленного на определение эффективности педагогической поддержки в процессе дистанционного обучения семейных врачей в системе высшего образования. В ходе исследования проанализировано влияние разработанной модели педагогической поддержки на развитие профессиональных компетенций обучающихся. Полученные результаты подтвердили эффективность предложенной модели.

Ключевые слова: констатирующий эксперимент, формирующий эксперимент, дистанционное обучение, педагогическая поддержка, профессиональная компетентность.

Abstract. The article presents the results of ascertaining and formative experimental work aimed at determining the effectiveness of pedagogical support in the process of distance education of family doctors in the higher education system. The influence of the developed pedagogical support model on the development of professional competencies of learners was analyzed. The experimental results confirmed the effectiveness of the proposed model.

ISSN 3030-3907

Key words: ascertaining experiment, formative experiment, distance education, pedagogical support, professional competence.

KIRISH

Oliy ta’lim tizimida masofaviy ta’lim texnologiyalarining joriy etilishi ta’lim jarayonining mazmuni va tashkil etilishiga yangi talablarni qo‘ymoqda [1,2]. Ayniqsa, malaka oshirish tizimida tahsil olayotgan oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishda pedagogik qo‘llab-quvvatlashning samarali mexanizmlarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi[3,4,9]. Shu nuqtai nazardan, pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelining samaradorligini tajriba-sinov orqali aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi [11-14].

Tadqiqot metodologiyasi: tadqiqot pedagogika fanining kompetensiyaviy, tizimli va shaxsga yo‘naltirilgan yondashuvlari asosida olib borildi. Ilmiy-tadqiqot jarayonida pedagogik tajriba-sinov, kuzatish, so‘rovnoma, test sinovlari va statistik tahlil metodlaridan foydalanildi [8,9]. Tajriba-sinov ishlari aniqlovchi va shakllantiruvchi bosqichlarda amalga oshirildi [6].

Aniqlovchi tajriba-sinov bosqichi: aniqlovchi tajriba-sinov bosqichining asosiy maqsadi masofaviy ta’lim jarayonida Diplomdan keyingi ta’lim fakultetida tahsil olayotgan oilaviy shifokorlarning mavjud kasbiy kompetensiyalari, axborot texnologiyalaridan foydalanish ko‘nikmalari va o‘quv motivatsiyasi darajasini aniqlashdan iborat bo‘ldi [1,2,3].

Mazkur bosqichda tinglovchilarning:

– masofaviy ta’lim texnologiyalaridan foydalanishga tayyorgarligi;
– elektron ta’lim resurslari bilan ishlash malakasi;
– mustaqil ta’limga bo‘lgan ehtiyoji diagnostik metodlar asosida o‘rganildi [4,5].

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, tinglovchilarning aksariyatida axborot texnologiyalaridan foydalanish bo‘yicha bilim va ko‘nikmalar o‘rtacha darajada bo‘lib, pedagogik qo‘llab-quvvatlashga ehtiyoj mavjud.

Shakllantiruvchi tajriba-sinov bosqichi: shakllantiruvchi tajriba-sinov bosqichida tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan pedagogik qo‘llab-quvvatlash modeli masofaviy ta’lim jarayoniga joriy etildi [11,12]. Ushbu bosqichda o‘quv jarayoni elektron axborot-ta’lim portali asosida tashkil etildi hamda tinglovchilarga tizimli pedagogik yordam ko‘rsatildi [3,6].

Shakllantiruvchi tajriba davomida:

– masofaviy o‘qitish uchun elektron o‘quv-metodik majmualar ishlab chiqildi;
– interaktiv seminar va vebinarlar tashkil etildi;
– tinglovchilarning mustaqil ta’lim faoliyati pedagogik jihatdan qo‘llab-quvvatlandi.

ISSN 3030-3907

Tajriba natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, shakllantiruvchi bosqich yakunida tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalari, axborot texnologiyalaridan foydalanish malakalari va o‘quv motivatsiyasi sezilarli darajada oshdi.

Natijalar va muhokama: aniqlovchi va shakllantiruvchi tajriba-sinov natijalarini qiyosiy tahlil qilish ishlab chiqilgan pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelining samaradorligini tasdiqladi [13,14]. Tajriba yakunida yuqori darajadagi ko‘rsatkichlarga ega tinglovchilar ulushi oshgani, past darajadagi ko‘rsatkichlar esa kamaygani aniqlandi.

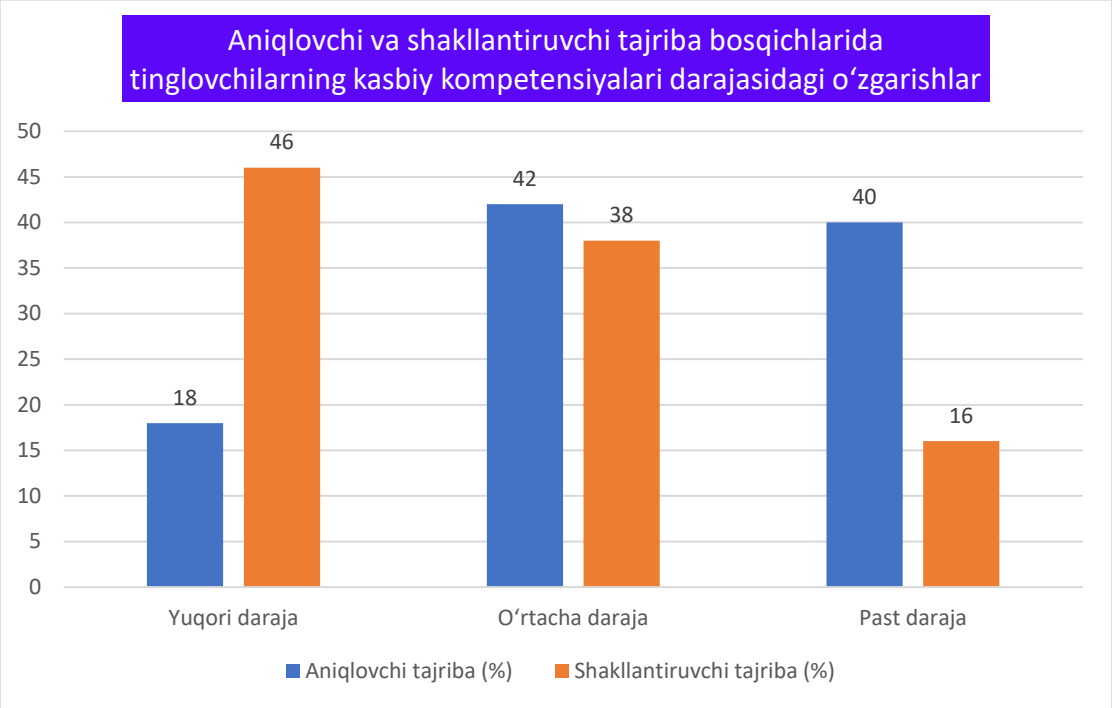
Bu holat masofaviy ta’lim jarayonida pedagogik qo‘llab-quvvatlashning tizimli va maqsadga yo‘naltirilgan holda tashkil etilishi muhim pedagogik shart ekanligini ko‘rsatadi. Aniqlovchi va shakllantiruvchi tajriba bosqichlarida tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalari darajasidagi o‘zgarishlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-Jadval

Kompetensiya darajasi	**Aniqlovchi tajriba (%)**	**Shakllantiruvchi tajriba (%)**
Yuqori daraja	18	46
O‘rtacha daraja	42	38
Past daraja	40	16

Jadval tahlili: Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, aniqlovchi tajriba bosqichida tinglovchilarning asosiy qismi o‘rtacha va past darajadagi kompetensiyalarga ega bo‘lgan. Shakllantiruvchi tajriba yakunida esa yuqori darajadagi ko‘rsatkichlar 28 foizga oshgan, past darajadagi ko‘rsatkichlar esa keskin kamaygan. Bu ishlab chiqilgan pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelining samaradorligini tasdiqlaydi. Ushbu jadval natijalari asosida kompetensiya darajalarining o‘zgarishi diagrammasi keltirilgan.

ISSN 3030-3907



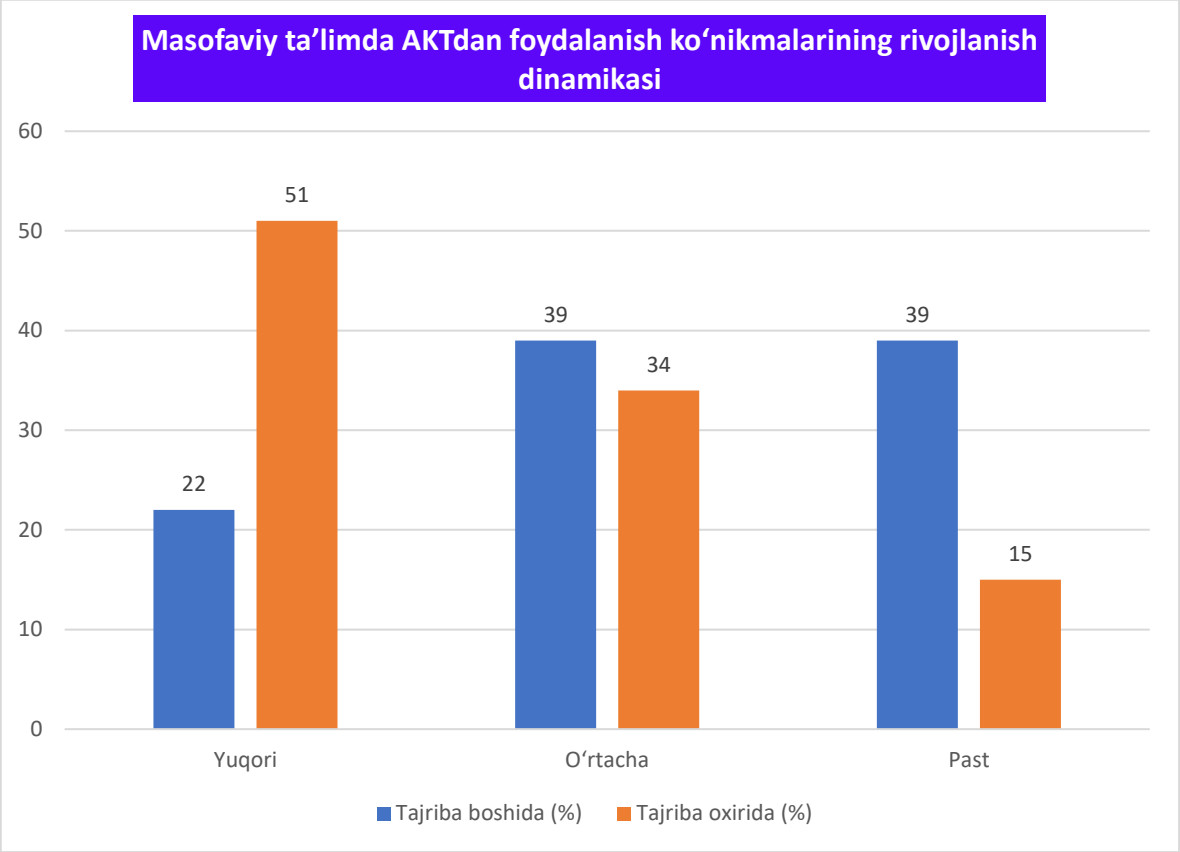
Masofaviy ta’limda AKTdan foydalanish ko‘nikmalarining rivojlanish dinamikasi 2-jadvalda keltirilgan.

2-Jadval

Ko‘nikma darajasi	Tajriba boshida (%)	Tajriba oxirida (%)
Yuqori	22	51
O‘rtacha	39	34
Past	39	15

Ushbu jadval natijalari asosida masofaviy ta’limda axborot kommunikatsiya texnologiyalari (AKT)dan foydalanish ko‘nikmalarining rivojlanish dinamikasi keltirilgan.

ISSN 3030-3907



Shakllantiruvchi bosqichda elektron platformalar, vebinarlar va mustaqil ta’lim topshiriqlarining joriy etilishi natijasida tinglovchilarning AKT bo‘yicha tayyorgarligi sezilarli darajada oshgan.

XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, aniqlovchi va shakllantiruvchi tajriba-sinov asosida ishlab chiqilgan pedagogik qo‘llab-quvvatlash modeli oliy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi [11,13].

Model kasbiy kompetensiyalarni rivojlantirish, mustaqil ta’limga bo‘lgan ehtiyojni kuchaytirish va axborot texnologiyalaridan samarali foydalanishni ta’minlaydi [4,9]. Mazkur modelni pedagogik amaliyotga joriy etish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Андреев А.А. Дистанционное обучение: сущность, технологии, организация. – М.: Юрайт, 2018. – 336 с.
2. Полат Е.С. Теория и практика дистанционного обучения. – М.: Академия, 2017. – 272 с.
3. Солдаткин В.И. Информационные технологии в образовании. – М.: Высшая школа, 2019. – 304 с.
4. Иноятов У.И. Олий таълимда ахборот-коммуникация технологияларидан фойдаланиш. – Т.: Fan, 2020. – 180 б.

ISSN 3030-3907

5. Тўхтиев Н. Тиббий таълимда инновацион педагогик технологиялар. – Т.: Ўзбекистон, 2019. – 156 б.
6. Шодмонов Қ.Х. Тиббий таълим педагогикаси асослари. – Т.: Medicina, 2018. – 220 б.
7. Мадаминов М., Иноятов А.Ш. Шифокорларни тайёрлашда компетенциявий ёндашув. – Т.: Fan va texnologiya, 2021. – 198 б.
8. Jalolov A. Pedagogik texnologiyalar va ta’lim samaradorligi. – T.: O‘qituvchi, 2016. – 176 b.
9. Sharipov Sh. Uzluksiz ta’lim tizimida masofaviy o‘qitish. – T.: Fan, 2020. – 164 b.
10. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Oliy ta’lim muassasalarida masofaviy ta’limni tashkil etish tartibi to‘g‘risida”gi qarori.
11. Voxidov D.A., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Oilaviy shifokor mutaxassislarning malakasini oshirish tizimida samarali masofadan o‘qitishning pedagogik shartlari. Kasb-hunar ta’limi Ilmiy-uslubiy, amaliy, ma’rifiy jurnal, 2024-yil, 8-son.Toshkent. 85-89 bet.
12. Voxidov D.A., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Ta’lim jarayonida oilaviy shifokor mutaxassislarni masofadan o‘qitishni pedagogik qo‘llab-quvvatlashning nazariy asoslari. Kasb-hunar ta’limi Ilmiy-uslubiy, amaliy, ma’rifiy jurnal, 2024-yil, 12-son.Toshkent. 118-124 bet.
13. Voxidov D.A., Ne’matjonova Yu.,Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Oliy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishda pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelini ishlab chiqish. Development of science. 2026.10.02, Volume 1,107-112.
14. Voxidov D.A., Ne’matjonova Yu.,Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Ta’lim tizimida masofaviy ta’limning o‘rni, mohiyati va funktsiyalari oilaviy shifokorlarni tayyorlashda. Development of science. 2026.10.02, Volume 1,119-133.

ISSN 3030-3907

BENZIN FRAKSIYASI DISTILLYATINI SOVUTISH JARAYONI QURILMALARINI TADQIQ QILISH

Xazratqulov Komronbek Zuhiddin o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi kafedrasi magistranti, Toshkent shahri, O‘zbekiston
E-mail: komronbekhazratqulov0@gmail.com
Ismailov Boburbek Maxmudjanovich
Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent, Toshkent kimyo-texnologiya instituti Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi kafedrasi dotsenti, Toshkent shahri, O‘zbekiston
Obidov Shoyunus Botir o‘g‘li
Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Toshkent kimyo-texnologiya instituti Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi kafedrasi v.b. dotsenti, Toshkent shahri, O‘zbekiston

Annotatsiya. Mazkur maqolada neftni qayta ishlash jarayonida olinadigan benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayonining texnologik xususiyatlari hamda ushbu jarayonda qo‘llaniladigan issiqlik almashinish qurilmalarining samaradorligi tadqiq qilindi. Tadqiqot davomida sovutish tizimlarida qo‘llaniladigan quvurli issiqlik almashgichlar, havo sovutgichlari hamda suvli sovutish apparatlarining konstruktiv va texnologik ko‘rsatkichlari tahlil qilindi. Sovutish jarayonining asosiy parametrlari — harorat farqi, issiqlik uzatish koeffitsienti va energiya sarfi o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, sovutish tizimlarining optimal tanlanishi neftni qayta ishlash korxonalarining energetik samaradorligini oshiradi va texnologik jarayonlarning barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: benzin fraksiyasi, distillyat, sovutish jarayoni, issiqlik almashgich, havo sovutgichi, issiqlik uzatish.

Аннотация. В данной статье исследованы технологические особенности процесса охлаждения бензиновой фракции дистиллята, получаемой при переработке нефти. Проанализирована эффективность различных теплообменных аппаратов, используемых в системах охлаждения, таких как трубчатые теплообменники, воздушные и водяные охладители. Рассмотрены основные параметры процесса охлаждения: разность температур, коэффициент теплопередачи и энергозатраты. Результаты исследования показывают, что оптимальный выбор охлаждающего оборудования позволяет повысить энергетическую эффективность нефтеперерабатывающих установок.

Ключевые слова: бензиновая фракция, дистиллят, охлаждение, теплообменник, воздушный охладитель, теплопередача.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article investigates the technological features of the cooling process of gasoline fraction distillate obtained during petroleum refining. The efficiency of different heat exchange equipment used in cooling systems, such as tubular heat exchangers, air coolers, and water cooling systems, was analyzed. The main parameters of the cooling process including temperature difference, heat transfer coefficient, and energy consumption were studied. The results show that the optimal selection of cooling equipment significantly improves the energy efficiency and operational stability of refinery units.

Keywords: gasoline fraction, distillate, cooling process, heat exchanger, air cooler, heat transfer.

KIRISH

Neftni qayta ishlash sanoatida atmosfera va vakuum distillyatsiya jarayonlari natijasida turli xil fraksiyalar olinadi. Ushbu fraksiyalar orasida benzin fraksiyasi muhim o‘rin egallaydi. Distillyatsiya jarayonidan chiqqan mahsulotlar yuqori haroratga ega bo‘lib, ularni keyingi texnologik jarayonlarga yuborishdan oldin sovutish talab etiladi.

Benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayoni texnologik tizimning xavfsiz ishlashi, energiya samaradorligi va mahsulot sifatini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Sovutish jarayonida issiqlik energiyasi sovutuvchi muhit — suv yoki havo yordamida olib chiqiladi. Ushbu jarayonda turli xil issiqlik almashinish apparatlari qo‘llaniladi.

Sovutish qurilmalarining samaradorligi issiqlik almashinish yuzasi, sovutuvchi muhitning xususiyatlari va oqim tezligiga bog‘liq bo‘ladi. Shu sababli benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayonini ilmiy asosda o‘rganish hamda optimal sovutish qurilmalarini tanlash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI

Neftni qayta ishlash texnologiyasi bo‘yicha ilmiy adabiyotlarda benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayoni muhim texnologik bosqich sifatida ko‘rib chiqilgan. Xususan, J.G. Speight tomonidan yozilgan “The Chemistry and Technology of Petroleum” asarida neftni qayta ishlash jarayonlarining kimyoviy va texnologik asoslari batafsil yoritilgan. Ushbu manbada fraksion distillyatsiya jarayonida hosil bo‘ladigan bug‘-gaz aralashmalarini kondensatsiyalash va sovutish jarayonlari issiqlik almashinuvi qonuniyatlari asosida tushuntiriladi. Muallif sovutish jarayonining samaradorligi asosan issiqlik almashinish apparatlarining konstruksiyasi, issiqlik uzatish koeffitsienti va ish rejimiga bog‘liqligini ta’kidlaydi [1].

Gary J.H. va Handwerk G.E. tomonidan yozilgan “Petroleum Refining: Technology and Economics” kitobida neftni qayta ishlash jarayonlarining

ISSN 3030-3907

texnologik va iqtisodiy jihatlari keng yoritilgan. Ushbu manbada atmosfera va vakuum distillyatsiya qurilmalarida hosil bo‘ladigan benzin bug‘larini sovutish uchun kondensatorlar va issiqlik almashinish apparatlaridan foydalanish texnologiyasi bayon qilingan. Mualliflar kondensatsiya jarayonining samaradorligi sovutuvchi muhitning turi, issiqlik almashinish yuzasi hamda apparat konstruksiyasiga bog‘liqligini ko‘rsatib o‘tganlar [2].

Nelson W.L.ning “Petroleum Refinery Engineering” asarida neftni qayta ishlash qurilmalarining muhandislik asoslari va texnologik hisoblash usullari batafsil bayon qilingan. Mazkur manbada distillyatsiya kolonnalarining yuqori qismidan chiqadigan bug‘-gaz aralashmalarini kondensatsiyalash jarayoni va uning issiqlik balanslari tahlil qilingan. Shuningdek, benzin fraksiyasi tarkibidagi uglevodorodlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari sovutish jarayonining samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi ta’kidlangan [3].

Issiqlik almashinuvi jarayonlarini hisoblash va loyihalash masalalari D.Q. Kernning “Process Heat Transfer” kitobida keng yoritilgan. Ushbu asarda issiqlik almashinish apparatlarining nazariy asoslari, issiqlik uzatish koeffitsientini aniqlash usullari va apparatlarni loyihalash prinsiplari keltirilgan. Muallif issiqlik almashinuvi jarayonining asosiy hisoblash tenglamasi ($Q = U A \Delta T$) orqali sovutish qurilmalarining samaradorligini aniqlash mumkinligini ko‘rsatadi.Perry va Green tomonidan tuzilgan “Perry’s Chemical Engineers’ Handbook” qo‘llanmasi kimyo texnologiyasi sohasidagi eng muhim ma’lumotnomalardan biri hisoblanadi. Ushbu manbada turli issiqlik almashinish apparatlarining konstruktiv xususiyatlari, issiqlik almashinuvi jarayonining nazariy asoslari hamda sanoatda qo‘llaniladigan hisoblash usullari keltirilgan. Bu ma’lumotlar benzin fraksiyasi distillyatini sovutish qurilmalarini loyihalash va ularning ish rejimini optimallashtirishda muhim ahamiyatga ega [4-5].

Coulson va Richardson tomonidan yozilgan “Chemical Engineering Design” kitobida kimyoviy texnologik jarayonlar uchun apparat va qurilmalarni loyihalash masalalari yoritilgan. Ushbu manbada qobiq-quvurli issiqlik almashinish apparatlarining konstruksiyasi, ularning ishlash prinsipi va sanoatdagi qo‘llanish sohalari batafsil bayon qilingan. Mualliflar ushbu turdagi apparatlar neftni qayta ishlash sanoatida eng keng tarqalgan sovutish qurilmalaridan biri ekanligini ta’kidlaydilar [6].

Sinnott va Towler tomonidan yozilgan “Chemical Engineering Design” asarida esa zamonaviy kimyo va neftni qayta ishlash sanoatida qo‘llaniladigan apparatlar va texnologik jarayonlarni optimallashtirish masalalari yoritilgan. Ushbu manbada energiya samaradorligini oshirish, sovutish jarayonlarida havo sovutgichlari va energiya tejovchi texnologiyalardan foydalanishning afzalliklari

ISSN 3030-3907

ko‘rsatib berilgan. Shuningdek, mualliflar issiqlik almashinuvi tizimlarini modernizatsiya qilish orqali ishlab chiqarish samaradorligini oshirish mumkinligini qayd etganlar [7].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot jarayonida benzin fraksiyasi distillyatini sovutish tizimlarida qo‘llaniladigan issiqlik almashinish apparatlari nazariy va analitik usullar yordamida o‘rganildi. Tadqiqotda quyidagi usullar qo‘llanildi:

- issiqlik almashinuvi jarayonlarini matematik modellashtirish
- texnologik parametrlarni solishtirish
- energiya sarfini baholash
- sovutish apparatlarining konstruktiv xususiyatlarini tahlil qilish

Sovutish jarayonini baholashda issiqlik uzatishning asosiy tenglamasidan foydalanildi.

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta T$$

Bu yerda:

Q — uzatilayotgan issiqlik miqdori k — issiqlik uzatish koeffitsienti F — issiqlik almashinish yuzasi ΔT — haroratlar farqi

Tadqiqotda quyidagi sovutish qurilmalari o‘rganildi:

- quvurli issiqlik almashgichlar
- plastinali issiqlik almashgichlar
- havo sovutgichlari
- suvli sovutish apparatlari

TAHLIL VA NATIJALAR

Olib borilgan tahlillar natijasida benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayonida qo‘llaniladigan qurilmalar samaradorligi taqqoslandi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, issiqlik almashinuvi jarayonining intensivligi asosan quyidagi omillarga bog‘liq:

- issiqlik almashinish yuzasi
- sovutuvchi muhit harorati
- oqim tezligi
- qurilma konstruksiyasi

Quvurli issiqlik almashgichlar yuqori bosim va harorat sharoitlarida ishlash uchun qulay hisoblanadi. Havo sovutgichlari esa suv resurslari cheklangan hududlarda samarali hisoblanadi.

1-Jadval

Qurilma turi	Afzalliklari	Kamchiliklari
Quvurli issiqlik almashgich	Yuqori ishonchlilik	Katta metall sarfi

ISSN 3030-3907

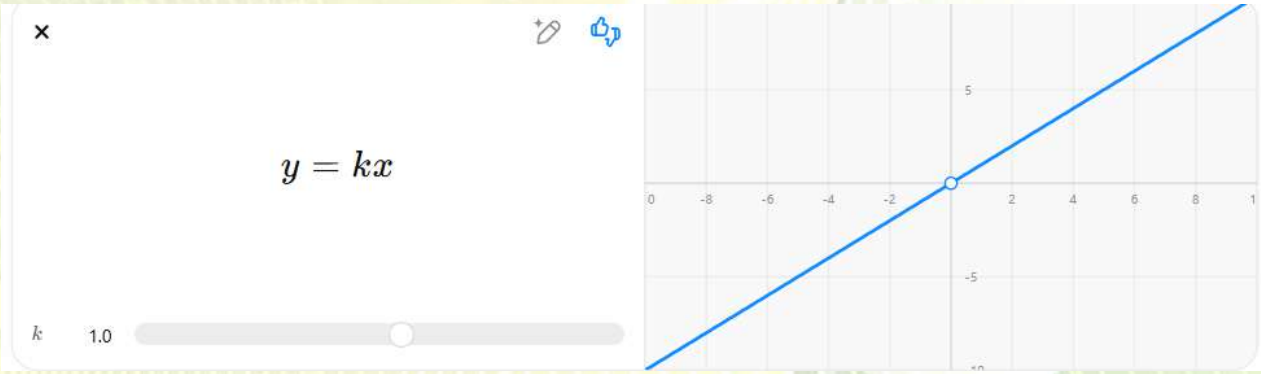
Plastinali issiqlik almashgich	Yuqori issiqlik almashinuvi	Yuqori bosimda cheklangan
Havo sovutgichi	Suv talab qilmaydi	Issiqlik uzatish nisbatan past
Suv sovutgichi	Yuqori samaradorlik	Suv resurslari talab qiladi

Olingan natijalar va uning tahlili.

Hisob-kitoblar natijasida sovutish samaradorligi haroratlar farqiga bog‘liq ravishda ortishi aniqlandi. Harorat farqi ortgan sari issiqlik almashinuvi intensivligi ham ortadi.

Grafik tahlil natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:

- sovutuvchi muhit harorati past bo‘lsa sovutish jarayoni tezlashadi
- issiqlik almashinish yuzasi ortishi sovutish samaradorligini oshiradi
- oqim tezligi ortishi bilan issiqlik uzatish



1-grafik. Harorat farqining issiqlik uzatishga ta’siri

Bu grafik issiqlik uzatish miqdori harorat farqiga to‘g‘ri proporsional ravishda ortishini ko‘rsatadi.

Grafikdan ko‘rinadiki, harorat farqi ortishi bilan issiqlik uzatish miqdori ham ortadi. Bu sovutish jarayonining intensivligini oshiradi.



2-grafik. Issiqlik almashinish yuzasining sovutish samaradorligiga ta’siri

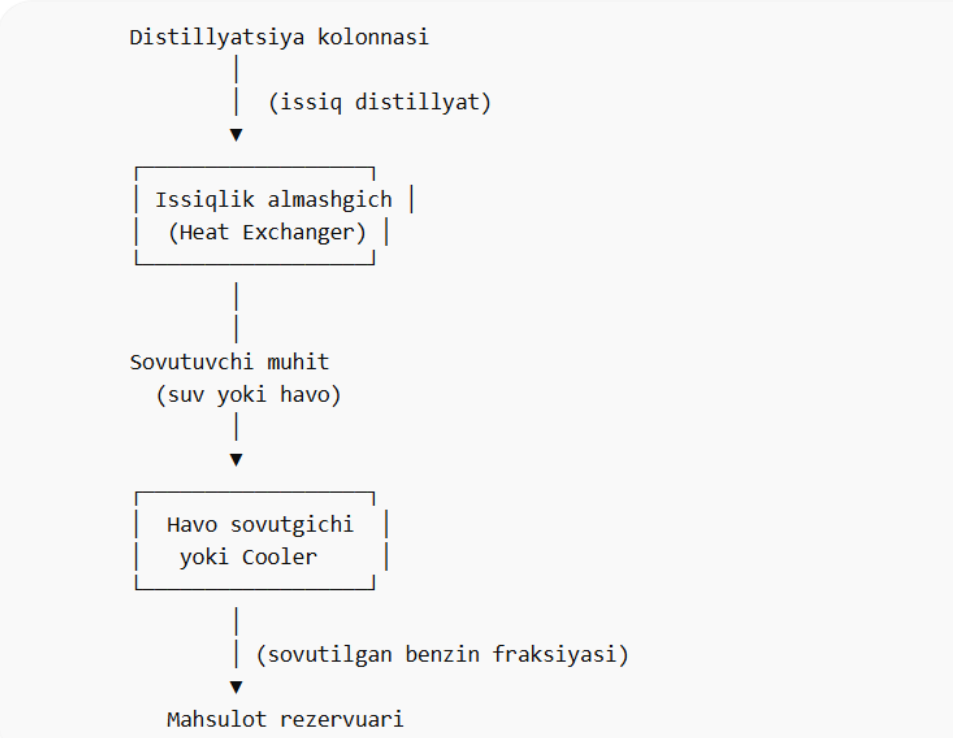
Grafik natijalariga ko‘ra issiqlik almashinish yuzasi ortishi bilan sovutish samaradorligi ortadi.

ISSN 3030-3907

Issiqlik almashinish yuzasi ortishi bilan qurilmaning sovutish samaradorligi ham ortadi. Shu sababli sanoatda ko‘p quvurli issiqlik almashgichlar qo‘llaniladi.

Benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayoni quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi:

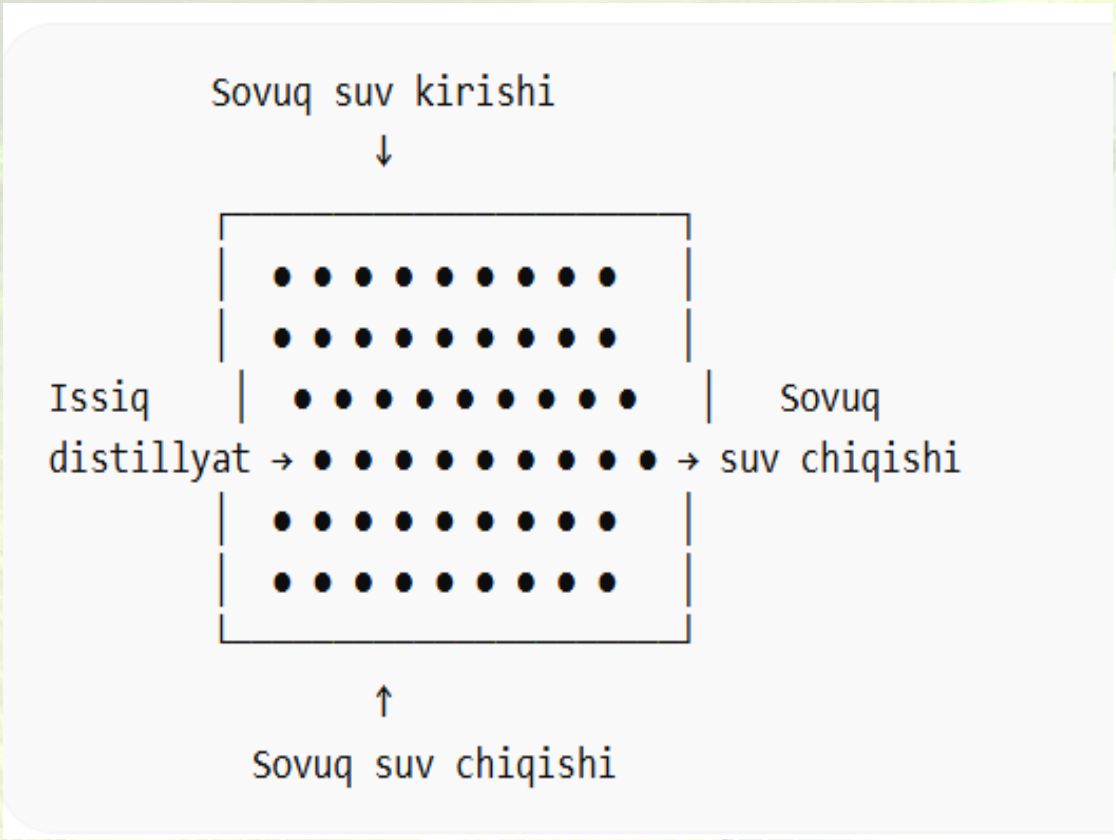
1. Distillyatsiya kolonnasidan chiqayotgan issiq mahsulot sovutish tizimiga yuboriladi
2. Issiqlik almashgichda sovutuvchi muhit bilan issiqlik almashinuvi sodir bo‘ladi
3. Mahsulot harorati pasayadi
4. Sovutilgan mahsulot keyingi texnologik jarayonlarga uzatiladi



1-rasm. Benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayonining texnologik sxemasi

Ushbu sxemada distillyatsiya kolonnasidan chiqayotgan yuqori haroratli benzin fraksiyasi issiqlik almashgich orqali sovutiladi. Issiqlik sovutuvchi muhit — suv yoki havo orqali olib chiqiladi va sovutilgan mahsulot keyingi texnologik jarayonlarga yoki rezervuarga yuboriladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Quvurli issiqlik almashgich qurilmasining sxemasi

Quvurli issiqlik almashgichda issiq benzin distillyati quvurlar orqali oqadi. Quvurlar tashqarisidan sovutuvchi suv oqib issiqlikni o‘ziga oladi. Natijada mahsulot harorati pasayadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayonining texnologik xususiyatlari o‘rganildi va quyidagi xulosalar olindi:

- benzin fraksiyasi distillyatini sovutish jarayoni neftni qayta ishlash texnologiyasining muhim bosqichlaridan biridir
- issiqlik almashinish qurilmalarining samaradorligi sovutish jarayonining intensivligini belgilaydi
- havo sovutgichlari suv resurslari cheklangan hududlarda samarali hisoblanadi
- suvli sovutish tizimlari yuqori issiqlik almashinuvi samaradorligiga ega

Sovutish qurilmalarini optimallashtirish orqali energiya sarfini kamaytirish va texnologik jarayonlarning barqarorligini oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum**.** CRC Press, 2014.
2. Gary J.H., Handwerk G.E. Petroleum Refining: Technology and Economics**.** CRC Press, 2007.
3. Nelson W.L. Petroleum Refinery Engineering**.** McGraw-Hill, 2012.
4. Perry R.H. Chemical Engineers’ Handbook**.** McGraw-Hill, 2008.

ISSN 3030-3907

5. Kern D.Q. Process Heat Transfer**.** McGraw-Hill, 1950.
6. Coulson J.M., Richardson J.F. Chemical Engineering**.** Butterworth-Heinemann, 2002.
7. Sinnott R., Towler G. Chemical Engineering Design**.** Elsevier, 2019.

ISSN 3030-3907

MASOFAVIY TA’LIM TIZIMIDA OILAVIY SHIFOKORLAR MALAKASINI OSHIRISHDA PEDAGOGIK QO‘LLAB-QUVVATLASHNI TAKOMILLASHTIRISH

Voxidov Dilshod Alikulovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti
Ne’matjonova Yulduz O‘tkirjon qizi
Samarqand davlat pedagogika instituti, pedagogika kafedrasi p.f.f.d., v.b., prof.
Ibragimov A’lamjon Amrilloyevich
Samarqand xalqaro texnologiya universiteti, pedagogika fanlari doktori, dosent
Voxidov Alikul Melitoshevich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, iqtisod fanlar nomzodi, katta o‘qituvchi

Annotatsiya. Maqolada masofaviy ta’lim texnologiyalariga asoslangan malaka oshirish kurslari sharoitida oilaviy shifokorlarni pedagogik qo‘llab-quvvatlashni takomillashtirish masalalari tahlil qilingan. Elektron va masofaviy ta’limning pedagogik mohiyati, ularning afzalliklari hamda qo‘shimcha kasbiy ta’lim tizimidagi o‘rni yoritilgan [4,5]. Tadqiqot jarayonida axborot-kommunikatsiya texnologiyalariga tayangan pedagogik qo‘llab-quvvatlash modeli ishlab chiqilgan va tajriba-sinovdan o‘tkazilgan. Olingan natijalar masofaviy ta’lim sharoitida tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish samaradorligini oshirish imkonini berishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: masofaviy ta’lim, elektron ta’lim, pedagogik qo‘llab-quvvatlash, malaka oshirish, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы совершенствования педагогической поддержки повышения квалификации семейных врачей в условиях дистанционного обучения. Проанализированы педагогические основы электронного и дистанционного образования, их преимущества и значение в системе дополнительного профессионального образования [4,5]. Разработана и апробирована модель педагогической поддержки на основе информационно-коммуникационных технологий. Результаты исследования подтверждают повышение эффективности формирования профессиональных компетенций обучающихся.

Ключевые слова: дистанционное обучение, электронное обучение, педагогическая поддержка, повышение квалификации, ИКТ.

Abstract. The article analyzes ways to improve pedagogical support for the professional development of family doctors in a distance learning environment. The pedagogical foundations of e-learning and distance education, their advantages, and their role in continuing professional education are examined. A pedagogical support model based on information and communication technologies

ISSN 3030-3907

was developed and tested. The results confirm increased effectiveness in developing learners' professional competencies [4,5].

Keywords: distance learning, e-learning, pedagogical support, professional development, ICT.

KIRISH

Zamonaviy jamiyatda kasbiy faoliyatning barcha sohalarida raqamli texnologiyalarning jadal joriy etilishi ta'lim tizimida ham tub o'zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, uzluksiz ta'lim va malaka oshirish tizimida masofaviy ta'lim texnologiyalaridan foydalanish dolzarb pedagogik muammo sifatida namoyon bo'lmoqda. O'zbekiston Respublikasida ta'lim sohasini rivojlantirishga qaratilgan me'yoriy-huquqiy hujjatlar elektron va masofaviy ta'limni joriy etish uchun keng imkoniyatlar yaratmoqda.

Masofaviy ta'lim sharoitida tinglovchilarning o'quv faoliyatini samarali tashkil etish, ularni metodik va didaktik jihatdan qo'llab-quvvatlash pedagogik jarayon sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli, masofaviy ta'lim tizimida pedagogik qo'llab-quvvatlash mexanizmlarini takomillashtirish ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi [1,2,3,6].

TADQIQOT METODLARI. mazkur tadqiqot jarayonida ilmiy muammoni har tomonlama o'rganish va asoslash maqsadida kompleks metodlar tizimidan foydalanildi. Xususan, pedagogik tahlil, ilmiy modellashtirish, tajriba-sinov ishlari, monitoring va diagnostika metodlari qo'llanildi.

Pedagogik tahlil metodi orqali diplomdan keyingi ta'lim tizimida masofaviy ta'lim jarayonini tashkil etishning nazariy asoslari, mavjud ilmiy manbalar va amaliy tajribalar o'rganildi hamda umumlashtirildi. Modellashtirish metodi asosida masofaviy ta'lim texnologiyalariga tayangan holda pedagogik qo'llab-quvvatlash modeli ishlab chiqildi va uning tarkibiy komponentlari (maqsad, mazmun, metodlar, natijalar) tizimlashtirildi.

Tajriba-sinov ishlari ishlab chiqilgan modelning amaliy samaradorligini aniqlashga qaratildi. Monitoring va diagnostika metodlari yordamida tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalari, axborot-kommunikatsion ko'nikmalari hamda mustaqil ta'lim faoliyatidagi o'zgarishlar dinamikasi baholandi.

Ilmiy-tadqiqot ishlari Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Toshkent davlat tibbiyot universiteti hamda Buxoro davlat tibbiyot instituti qoshidagi diplomdan keyingi ta'lim fakultetlari bazasida olib borildi. Tadqiqot jarayonida tinglovchilar bilan tajriba va nazorat guruhlari shakllantirilib, pedagogik jarayon bosqichma-bosqich amalga oshirildi.

Tajriba-sinov ishlari masofaviy ta'lim texnologiyalariga asoslangan pedagogik qo'llab-quvvatlash modelining samaradorligini aniqlash, uning amaliy

ISSN 3030-3907

ahamiyatini baholash hamda natijaviylik ko‘rsatkichlarini statistik jihatdan tahlil qilishga yo‘naltirildi

ASOSIY NATIJALAR VA TAHLIL. tadqiqot natijasida masofaviy ta’lim sharoitida pedagogik qo‘llab-quvvatlashni amalga oshirishning integratsiyalashgan modeli ishlab chiqildi. Mazkur model o‘quv jarayonini axborot-kommunikatsiya texnologiyalari asosida tashkil etish, tinglovchilarning mustaqil ta’lim faoliyatini faollashtirish va o‘qituvchi bilan masofaviy muloqotni tizimli yo‘lga qo‘yishga qaratilgan.

Model tarkibiga quyidagi asosiy komponentlar kiritildi: elektron o‘quv-metodik resurslar majmuasi, masofaviy maslahat va teskari aloqa mexanizmlari, onlayn nazorat va baholash vositalari hamda tinglovchilarning individual o‘quv faoliyatini monitoring qilish tizimi. Ushbu komponentlarning o‘zaro uyg‘unlashuvi ta’lim jarayonining uzluksizligini va shaxsga yo‘naltirilganligini ta’minladi.

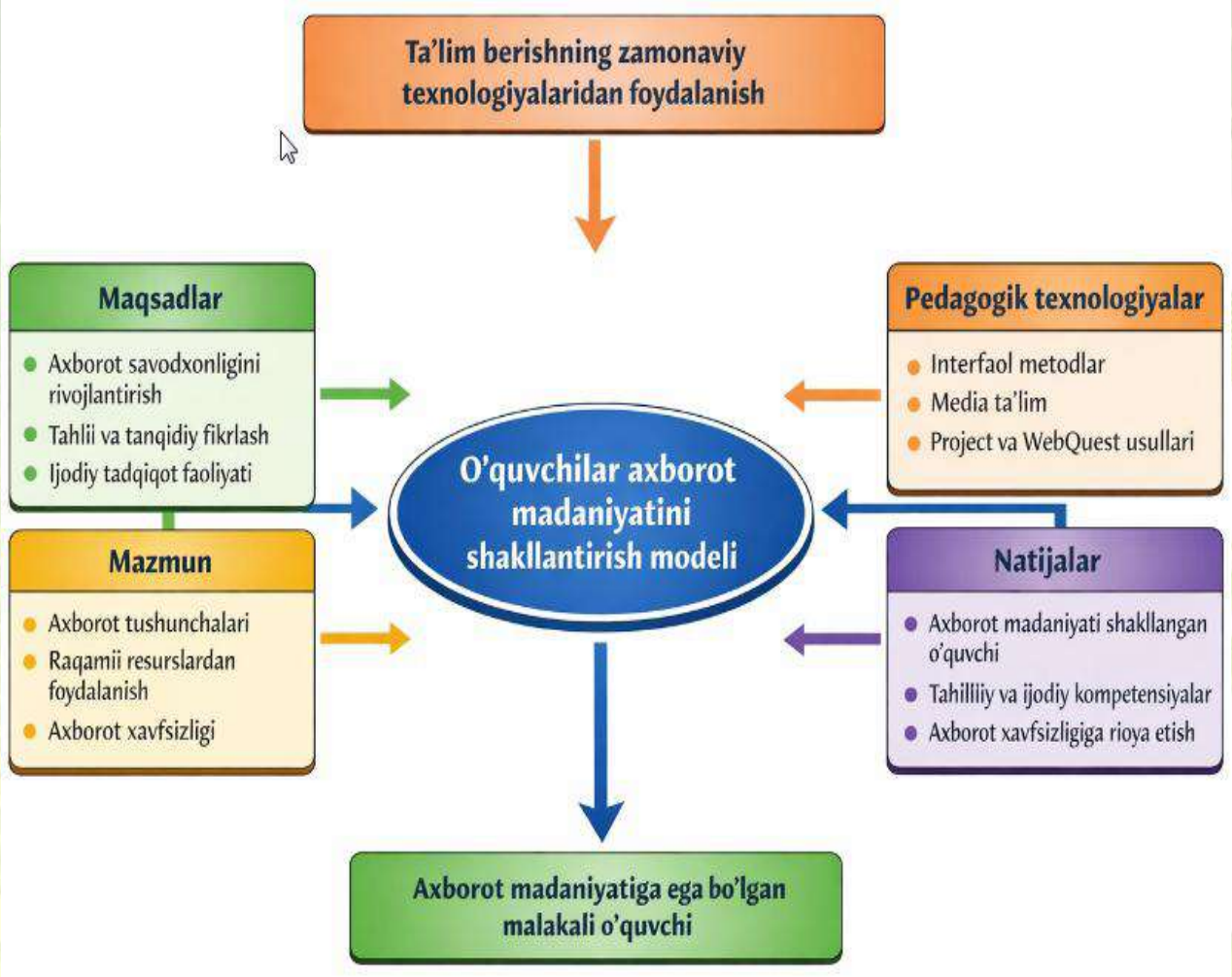
Tajriba-sinov ishlari natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, pedagogik qo‘llab-quvvatlash modeli asosida tashkil etilgan masofaviy ta’lim jarayonida tinglovchilarning o‘quv motivatsiyasi, mustaqil ishlash ko‘nikmalari hamda kasbiy kompetensiyalari sezilarli darajada oshdi. Bu esa mazkur modelning pedagogik samaradorligini tasdiqlaydi.

Pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelining tuzilma jadvali va axborot madaniyatini shakillantirish modeli sxemasi keltirilgan [9-12].

1-Jadval

№	Model komponentlari	Mazmuni	Kutilayotgan pedagogik natija
1	Maqsadli komponent	Tinglovchilarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish	O‘quv motivatsiyasining oshishi
2	Mazmuniy komponent	Elektron o‘quv-modullar va metodik materiallar	Mustaqil ta’lim ko‘nikmalarining shakllanishi
3	Texnologik komponent	LMS, onlayn platformalar, masofaviy maslahatlar	Ta’lim jarayonining uzluksizligi
4	Nazorat-baholash komponenti	Onlayn testlar va monitoring	O‘quv natijalarining ob’ektiv baholanishi
5	Natijaviy komponent	Kasbiy kompetensiyalarning rivojlanishi	Ta’lim samaradorligining oshishi

ISSN 3030-3907



Muhokama: Olingan natijalar masofaviy ta'lim jarayonida pedagogik qo'llab-quvvatlashning tizimli tashkil etilishi ta'lim samaradorligini oshirishini tasdiqlaydi. Tadqiqot natijalari boshqa olimlarning masofaviy ta'lim va elektron o'qitish bo'yicha ilmiy qarashlari bilan uyg'unlikda ekanligi aniqlandi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, masofaviy ta'lim texnologiyalariga asoslangan pedagogik qo'llab-quvvatlash modeli oilaviy shifokorlarning malakasini oshirish jarayonida yuqori pedagogik samaradorlikni ta'minlaydi. Mazkur model tinglovchilarning mustaqil ta'lim faoliyatini faollashtirish, o'quv motivatsiyasini kuchaytirish hamda kasbiy kompetensiyalarni tizimli rivojlantirishga xizmat qiladi.

Dissertatsion tadqiqotlar talablari nuqtayi nazaridan qaralganda, ishlab chiqilgan pedagogik qo'llab-quvvatlash modeli nazariy jihatdan asoslangan, metodik jihatdan puxta ishlab chiqilgan va amaliy tajriba-sinov orqali tasdiqlangan ilmiy natija sifatida e'tirof etilishi mumkin. Tadqiqot davomida aniqlangan pedagogik shart-sharoitlar masofaviy ta'lim jarayonini takomillashtirishga qaratilgan keyingi ilmiy izlanishlar uchun metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Mazkur tadqiqot natijalaridan uzluksiz kasbiy ta’lim tizimida, xususan, malaka oshirish va qayta tayyorlash kurslarida pedagogik qo‘llab-quvvatlashni tashkil etishda samarali foydalanish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Андреев А.А. Дистанционное обучение: сущность, технология, организация. – М.: Юрайт, 2020.
2. Бугайчук К.Л. Электронное обучение в системе повышения квалификации. – СПб: Питер, 2019.
3. Монахов Д.Н. Информационные технологии в профессиональном образовании. – М.: Академия, 2021.
4. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022-yil 3-oktabrdagi 559-son qarori.
5. O‘zbekiston Respublikasining “Ta’lim to‘g‘risida” gi Qonuni. – Toshkent, 2020.
6. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age // International Journal of Instructional Technology. – 2018.
7. Azuma R. A Survey of Augmented Reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – 2017.
8. Кларин М.В. Инновационные модели обучения. – М.: Просвещение, 2019.
9. Voxidov D.A., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Oilaviy shifokor mutaxassislarning malakasini oshirish tizimida samarali masofadan o‘qitishning pedagogik shartlari. Kasb-hunar ta’limi Ilmiy-uslubiy, amaliy, ma’rifiy jurnal, 2024-yil, 8-son.Toshkent. 85-89 bet.
10. Voxidov D.A., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Ta’lim jarayonida oilaviy shifokor mutaxassislarni masofadan o‘qitishni pedagogik qo‘llab - quvvatlashning nazariy asoslari. Kasb-hunar ta’limi Ilmiy-uslubiy, amaliy, ma’rifiy jurnal, 2024-yil, 12-son.Toshkent. 118-124 bet.
11. Voxidov D.A., Ne’matjonova Yu.O‘., Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Oliy ta’lim tizimida oilaviy shifokorlarni masofaviy o‘qitishda pedagogik qo‘llab-quvvatlash modelini ishlab chiqish. Development of science. 2026.10.02, Volume 1,107-112.
12. Voxidov D.A., Ne’matjonova Yu.O‘, Ibragimov A.A., Voxidov A.M. Ta’lim tizimida masofaviy ta’limning o‘rni, mohiyati va funktsiyalari oilaviy shifokorlarni tayyorlashda. Development of science. 2026.10.02, Volume 1,119-133.

ISSN 3030-3907

UDK 004.8:004.932:681.5

SANOAT KONVEYERIDA OLMALARNI REAL VAQT REJIMIDA YOLOV8 MODELIDA 4 SINF BO‘YICHA TASNIFLASH

Erkin Uljaev

Texnika fanlari doktori, professor, “Axborotni qayta ishlash va boshqarish tizimlari” kafedrasi, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O‘zbekiston.

E-mail: e.uljaev@mail.ru

O‘lmasjon Ulfat o‘g‘li Abdixalilov

Doktorant, “Axborotni qayta ishlash va boshqarish tizimlari” kafedrasi, Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent, O‘zbekiston.

E-mail: phdabdixalilov456@gmail.com

Aliyev Asilbek Safarali o‘g‘li

Qarshi Davlat Texnika Universiteti 2 – kurs talabasi

E-mail: aliyevasilbek003@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot sanoat konveyer lentasida olmalarni real vaqt rejimida 4 sinf bo‘yicha aniqlash, tasniflash va sanashni maqsadi qo‘yilgan. Buning uchun YOLOv8 modeli moslashtirilib, deteksiya va tracking algoritmlari integratsiya qilingan. Dataset kengaytirish va video pipeline amaliyoti tasvirlangan. Trening natijalarida yuqori barqarorlikka erishilgan. Taklif etilgan tizim sanoat sharoitida amaliy saralash uchun ishlatilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: olma saralash, YOLOv8, deep learning, real vaqt, deteksiya, tracking, video pipeline.

Abstract. This study aims to detect, classify, and count apples on an industrial conveyor belt in real time across four categories. For this purpose, the YOLOv8 model was adapted and integrated with detection and tracking algorithms. The study describes dataset augmentation techniques and the implementation of a video processing pipeline. The training results demonstrate high stability and reliable performance of the model. The proposed system can be effectively applied for automated apple sorting in industrial environments.

Keywords: apple sorting, YOLOv8, deep learning, real-time, detection, tracking, video pipeline.

Annotatsiya. В этом исследовании поставлен цель обнаружение, классификация и подсчет яблок на промышленной конвейерной линии в реальном времени по четырем классам. Модель YOLOv8 была адаптирована с интеграцией алгоритмов детекции и трекинга. Описано расширение датасета и видео-пайплайн. В результате обучения достигли на высокой

ISSN 3030-3907

стабильности. Предложенную систему можно применять для практической сортировки в промышленности.

Ключевые слова: сортировка яблок, YOLOv8, глубокое обучение, реальное время, детекция, трекинг, видео-пайплайн.

KIRISH.

Olma (Malus domestica) oziq-ovqat zanjirida eng ko‘p iste’mol qilinadigan mevalardan biri bo‘lib, yangi iste’mol, sharbat va konsentrat, quritma hamda turli qandolat mahsulotlari ishlab chiqarishda muhim xomashyo hisoblanadi. Tarixiy-genetik manbalarda madaniy olmaning kelib chiqish o‘chog‘i Markaziy Osiyo bilan bog‘lanadi: xususan, Tyanshan mintaqasidagi yovvoyi olma (Malus sieversii) genetik jihatdan madaniy olmaning asosiy ajdodi sifatida ko‘rsatiladi [1]. Bu holat olmaning nafaqat agrar-iqtisodiy ahamiyatini, balki seleksiya va genofond nuqtayi nazaridan ham strategik o‘ringa egaligini anglatadi.

Saralash ko‘pincha rang (qizil/sariq/yashil), o‘lcham, sirt holati va nuqsonlar (dog‘, ezilish, chirish belgilari, deformatsiya) bo‘yicha amalga oshiriladi [2]. Qo‘lda saralash usullari esa tezlik cheklovi, operator charchashi, subyektiv baholash va bir xil standartni barqaror ushlay olmaslik kabi omillar sabab sanoat konveyeri sharoitida yetarli darajada samarali bo‘lavermaydi. Shu sababli so‘nggi yillarda kompyuter ko‘rish va chuqur o‘rganish (deep learning) yondashuvlari meva-sabzavotlarda defektlarni aniqlash, klassifikatsiya va sifat nazoratini avtomatlashtirishda faol qo‘llanilmoqda [3,4].

Xususan, obyekt deteksiyasi sinfidagi YOLO (“You Only Look Once”) oilasi real vaqtga yaqin ishlash imkoniyati bilan ajralib turadi: YOLO konsepsiyasi bitta neyron tarmoq orqali obyekt joylashuvi (bounding box) va sinf ehtimolini birgalikda bashorat qilib, tezkor inferensni ta’minlaydi [5,6]. Video oqimida esa faqat deteksiya yetarli bo‘lmay, obyektlarni kadrlar bo‘ylab izchil kuzatish (tracking) va takror sanashni oldini olish ham muhim vazifa sifatida qaraladi. Bunda deteksiya natijalarini ID asosida bog‘lash (multi-object tracking) kabi yondashuvlar qo‘llanadi; masalan, ByteTrack kabi algoritmlar “har bir deteksiyani bog‘lash” g‘oyasi orqali kuzatuv barqarorligini kuchaytirishga qaratilgan [7]. Ultralytics ekotizimida esa YOLO modellarini video rejimida kuzatish (object IDs bilan) uchun amaliy “track” rejimi va mos sozlamalar taqdim etilgan [4]. Ushbu tadqiqot sanoat konveyer lentasida olmalarni avtomatik saralash vazifasini real sharoitga yaqin shartlarda ko‘rib chiqadi. Ishning maqsadi — real vaqt rejimida to‘rtta sinf (qizil, sariq, yashil va nuqsonli olma) bo‘yicha aniqlash hamda tasniflashni ishonchli bajaradigan kompyuter ko‘rish yechimini ishlab chiqish va uni amaliy “video-pipeline”ga integratsiya qilishdir. Tadqiqot doirasida Ultralytics YOLOv8 modeli moslashtirilib o‘qitiladi, shuningdek konveyer oqimida sanash

ISSN 3030-3907

aniqligini oshirish uchun ID asosidagi tracking hamda virtual chiziqdan kesib o‘tish (line-crossing) mantiqiga tayangan hisoblash mexanizmi taklif etilgan [4,7,8].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu bo‘limda sanoat konveyer lentasida harakatlanayotgan olmalarni 4 sinf (qizil, sariq, yashil, nuqsonli) bo‘yicha real vaqt rejimida aniqlash, kuzatish (tracking) va sanashga mo‘ljallangan tizimni qurish uchun bajarilgan ishlar ketma-ketligi bayon qilinadi [9]. Ish jarayoni ma’lumot yig‘ish → belgilash → kengaytirish → modelni o‘qitish → video-pipeline (deteksiya+tracking+line-crossing) → baholash bosqichlaridan iborat [10,11].

1. Ma’lumotlarni yig‘ish va datasetni tayyorlash: Tadqiqot uchun tasvirlar sanoatga yaqin konveyer sharoitida olingan bo‘lib, kadrlar tarkibida turli rangdagi (qizil/sariq/yashil) hamda sirtida ko‘rinadigan shikastlanish alomatlari mavjud “nuqsonli” olmalar uchraydi [12]. Dastlabki dataset 90 ta tasvirdan tashkil topdi. Tasvirlar obyekt deteksiyasi uchun YOLO formatiga mos ravishda tayyorlandi: har bir rasmga mos annotatsiya faylida sinf identifikatori va bounding box koordinatalari saqlandi [13].

2. Sinflarni belgilash (labeling) strategiyasi: Belgilashda 4 sinf uchun aniq qoida qo‘llandi: Qizil olma — tashqi ko‘rinishda qizil rang ustun bo‘lgan namunalar; Sariq olma — sariq rang dominant bo‘lgan namunalar; Yashil olma — yashil rang ustun bo‘lgan namunalar; Nuqsonli olma — rangi qanday bo‘lishidan qat’i nazar, sirtida dog‘, ezilish, shikastlanish, chirish yoki deformatsiya ko‘rinadigan namunalar [4,6].

3. Ma’lumotlarni kengaytirish (data augmentation): Dastlabki tasvirlar soni cheklanganligi sababli umumlashtirish qobiliyatini kuchaytirish maqsadida datasetga augmentatsiya amallari qo‘llandi va yakuniy to‘plam 1 500 ta tasvirgacha kengaytirildi. Transformatsiyalar konveyer muhitidagi real variativlikni modellashtirishga qaratildi: Horizontal flip, Random rotation (−25°…+25°), Shear, Zoom (±20%) [14,17]. Har bir transformatsiya qo‘llanganda bounding box koordinatalari mos ravishda yangilandi.

4. Model tanlash va konfiguratsiya: Deteksiya modeli sifatida Ultralytics YOLOv8 (YOLOv8s) tanlandi [13,16]. Model o‘qitish parametrlari: imgsz = 720×720, optimizer = SGD, lr0 = 0.01, momentum = 0.937, weight_decay = 0.0009375, batch = 12, epochs = 500, EarlyStopping patience = 50 [16].

5. Hisoblash muhiti: Trening va tajribalar bulutli GPU muhiti (Google Colab)da bajarildi. Hisoblash uchun NVIDIA Tesla T4 (16 GB GDDR6) GPU ishlatildi [16].

ISSN 3030-3907

6. Video oqimini qayta ishlash: deteksiya + tracking + sanash: Model validatsiyadan o‘tkazilgach, konveyer videosida amaliy ishlash uchun pipeline ishlab chiqildi [13,17]. Video oqimi kadrma-kadr qayta ishlanib, har bir kadrda: YOLOv8 model deteksiyalarni beradi; tracking moduli deteksiyalarni kadrlar bo‘ylab bog‘lab, obyektga noyob ID biriktiradi; obyekt markazi bo‘yicha virtual chiziqlar bilan kesishuv tekshiriladi va sanash amalga oshiriladi. ByteTrack yondashuvi obyektlarni ID bilan kuzatishni qo‘llab-quvvatlaydi va line-crossing (ikki chiziqli) sanash mantiqi bilan birga ishlaydi [17,18].

7. Dasturiy vositalar: OpenCV (videoni o‘qish/yozish, bounding box chizish), Ultralytics YOLO (model o‘qitish va track), LabelImg (manual annotation) [13,14].

8. Baholash mezonlari: Model samaradorligini baholash uchun Precision, Recall, F1-score, mAP@0.50 va mAP@0.50:0.95 metrikalari qo‘llanildi. Shuningdek, sinflar kesimida adashishlarni tahlil qilish uchun confusion matrixlar shakllantirildi [13,14].

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Ushbu bo‘limda konveyer lentasida olmalarni 4 sinf (qizil, sariq, yashil, nuqsonli) bo‘yicha aniqlash va tasniflash uchun o‘qitilgan YOLO modelining trening jarayonidagi natijalari hamda real video oqimida qo‘llangandagi kuzatuvlar muhokama qilinadi. Model samaradorligi turli epoch kesimlarida (100/200/300/400/500) precision, recall, F1-score, mAP@0.50 va mAP@0.50:0.95 ko‘rsatkichlari orqali baholandi. Deteksiya sifatini chuqurroq tahlil qilish uchun **chalkashliklar matritsasi (confusion matrix)**lardan foydalanildi va xatoliklarning (FP/FN) sinflar bo‘yicha dinamikasi ko‘rib chiqildi (1-5-rasmlar).

1) Trening natijalari va epochlar bo‘yicha o‘sish tendensiyasi

Modelning umumiy natijalari epochlar ortishi bilan izchil yaxshilanganini ko‘rsatdi. 200–500 epoch oralig‘ida, ayniqsa qat’iyroq mezon bo‘lgan mAP@0.50:0.95 ko‘rsatkichi sezilarli oshdi, bu esa bounding box lokatsiyasi va sinf ajratish barqarorligi kuchayganini anglatadi.

- 200 epoch: umumiy P=0.9868, R=0.9798, F1=0.9832, mAP50=0.991, mAP50:0.95=0.819.
- 300 epoch: umumiy P=0.9891, R=0.9820, F1=0.9856, mAP50=0.990, mAP50:0.95=0.834.
- 400 epoch: umumiy P=0.9857, R=0.9867, F1=0.9862, mAP50=0.994, mAP50:0.95=0.841.
- 500 epoch: umumiy P=0.9931, R=0.9856, F1=0.9893, mAP50=0.992, mAP50:0.95=0.848.

ISSN 3030-3907

Ko‘rinib turibdiki, 300 epochdan keyin metrikalarda “katta sakrash”dan ko‘ra nozik yaxshilanishlar ko‘proq kuzatiladi. Bu amaliyotda odatiy holat: mAP50 allaqachon yuqori bo‘lganda, keyingi o‘sish asosan mAP50:0.95 kabi qat’iy mezonlar hisobiga bo‘ladi.

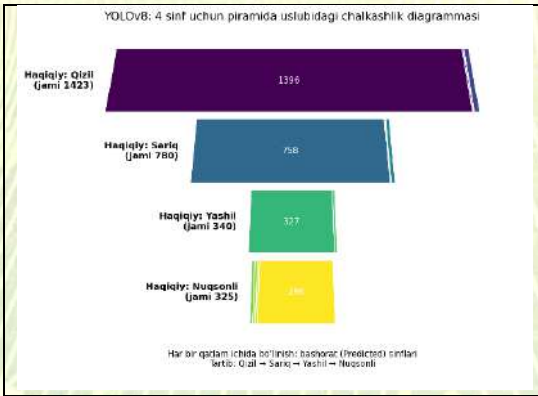
2) Sinflar kesimidagi yakuniy natijalar (500 epoch)

500 epoch yakunida sinflar bo‘yicha natijalar yuqori darajada qayd etildi va har bir sinfda modelning ishonchli ishlashi kuzatildi:

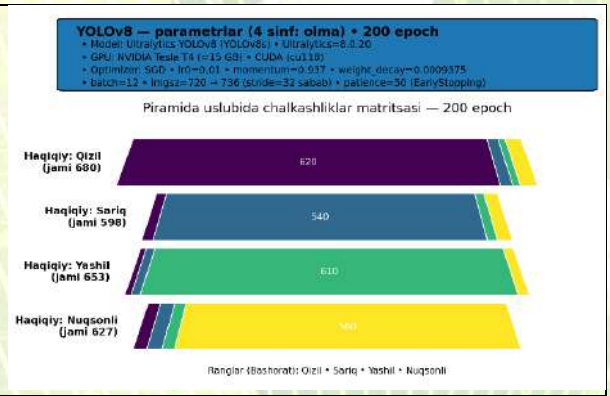
- **Qizil olma**: P=0.9888, R=0.986, F1=0.9874, mAP50=0.993, mAP50:0.95=0.832
- **Sariq olma**: P=1.0000, R=0.9883, F1=0.9941, mAP50=0.993, mAP50:0.95=0.849
- **Yashil olma**: P=1.0000, R=1.0000, F1=1.0000, mAP50=0.995, mAP50:0.95=0.881
- **Nuqsonli olma**: P=0.9838, R=0.968, F1=0.9758, mAP50=0.988, mAP50:0.95=0.829

Bu yerda yashil olma sinfi eng barqaror natijani ko‘rsatgan: precision/recall/F1 ko‘rsatkichlari juda yuqori. Amaliy talqinda bu sinfning vizual belgisi (rang dominantligi) model uchun nisbatan “aniq” ajralib turishini bildiradi. Aksincha, nuqsonli olma sinfi murakkabroq: nuqsonlar ko‘rinishi (dog‘, ezilish, deformatsiya) xilma-xil bo‘lgani uchun deteksiya va lokatsiya aniqligi biroz pastroq bo‘lishi tabiiy.

3) Chalkashliklar matritsasi tahlili (6–10-rasmlar)

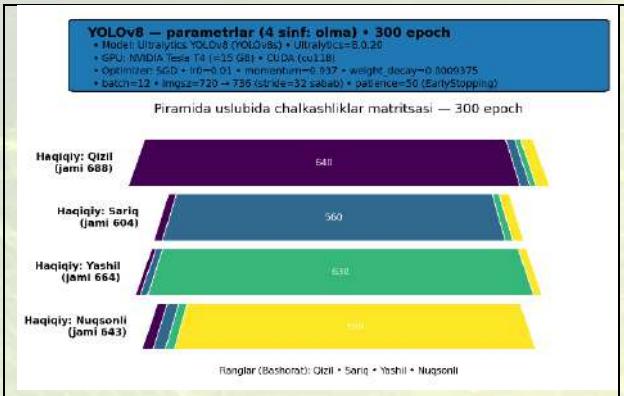


1-rasm. 100-epochdagi chalkashliklar matritsasi.

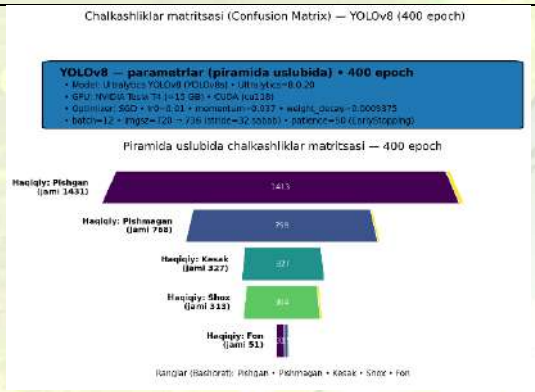


2-rasm. 200-epochdagi chalkashliklar matritsasi.

ISSN 3030-3907

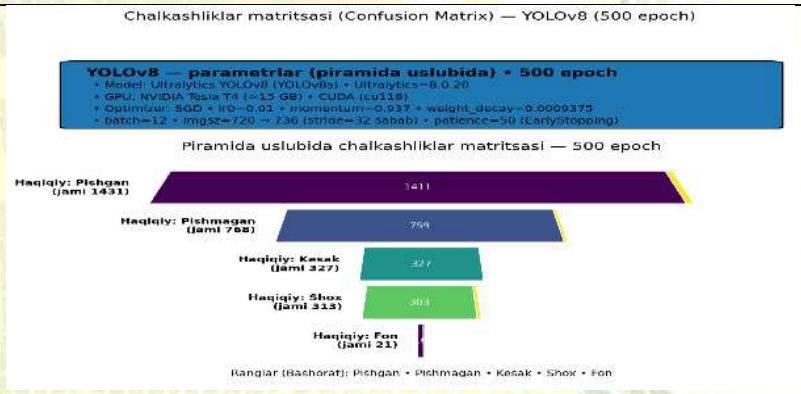


3-rasm. 300-epochdagi chalkashliklar matritsasi (Confusion Matrix).



4-rasm. 400-epochdagi chalkashliklar matritsasi (Confusion Matrix).

Modelning sinflarni ajratish sifati confusion matrixlar orqali bosqichma-bosqich tahlil qilindi:



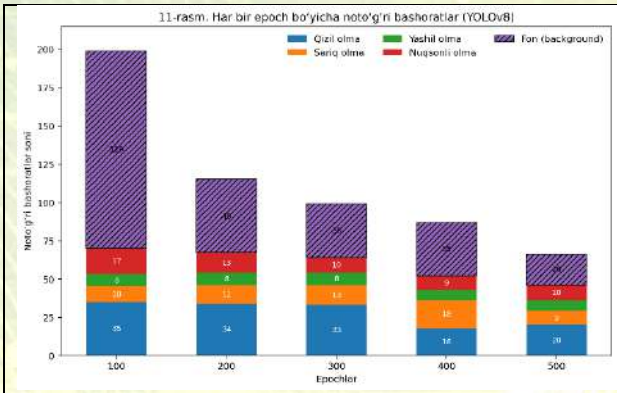
5-rasm. 500-epochdagi chalkashliklar matritsasi (Confusion Matrix).

- **100 epoch** (1-rasm): fon obyektlarining qizil/sariq/nuqsonli sinflarga noto‘g‘ri “yopishib ketishi” ko‘proq kuzatildi. Bu bosqichda ayniqsa fon bilan ranglar o‘xshash bo‘lganda FP soni yuqoriroq bo‘lishi tabiiy.
- **200 epoch** (2-rasm): qizil olma bo‘yicha FP keskin kamayadi, sariq va nuqsonli sinflarda ham adashishlar qisqaradi; bu model “fon vs olma” chegarasini aniqroq o‘rganganini ko‘rsatadi.
- **300 epoch** (3-rasm): xatolar soni kamayishda davom etadi, lekin o‘sish sur’ati sekinlashadi; ya’ni model barqaror holatga yaqinlashadi.
- **400 epoch** (4-rasm): recall oshishi evaziga ayrim sinflarda FP biroz tebranishi mumkin — bu “ko‘proq topish” strategiyasi bilan bog‘liq muvozanat holati.
- **500 epoch** (5-rasm): yakuniy natijada sinflar bo‘yicha adashishlar minimal darajaga tushadi va model amaliy saralash talabiga yaqin barqaror ishlashni namoyish qiladi. 500 epoch yakunida FP/FN lar umumlashmasi (7-jadval) quyidagicha talqin qilindi: **Qizil olma**: FP=16, FN=20, **Sariq olma**: FP=0, FN=9, **Yashil olma**: FP=0, FN=0, **Nuqsonli olma**: FP=5, FN=10, **Fon**: FP=39, FN=21

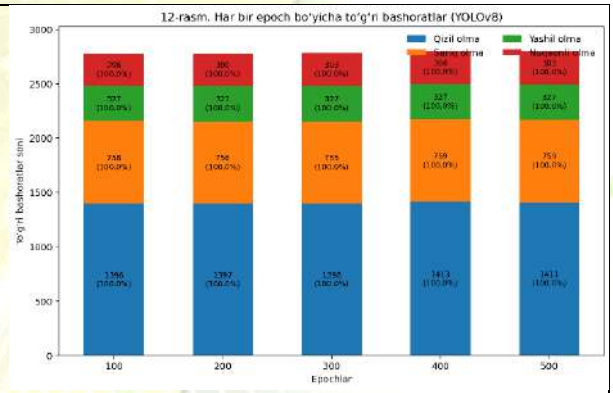
ISSN 3030-3907

Bu natija shuni ko‘rsatadiki, asosiy xatolik manbai — **fonning ayrim fragmentlari** (yorug‘lik dog‘i, soyalar, konveyer teksturasi yoki shunga o‘xshash elementlar) ayrim sinflarga noto‘g‘ri tasniflanishi. Ayniqsa qizil rangga yaqin “issiq” yorug‘lik dog‘lari yoki sirt shovqini (noise) qizil olma sinfi bilan chalkashishi mumkin. Bunday xatolar real ishlab chiqarishda kamerani barqaror yoritish bilan ta’minlash va datasetni fon variatsiyalari bo‘yicha boyitish orqali kamaytiriladi.

4) Xatoliklar dinamikasi (6-7-rasmlar). Modelning o‘rganish jarayonidagi progress 6–7-rasmlarda ko‘rsatilgan:



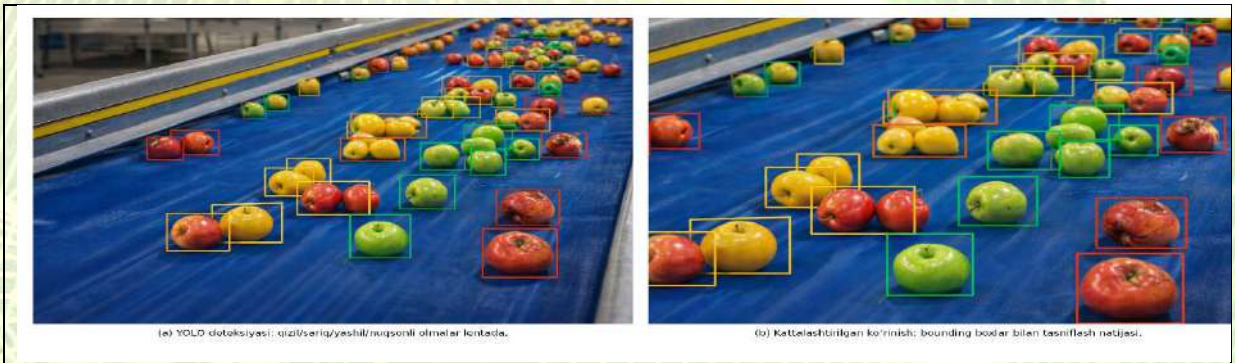
6-rasm. Har bir o‘qitish epoxasi uchun noto‘g‘ri taxminlar soni



7-rasm. Har bir trening epoxida to‘g‘ri taxminlar soni.

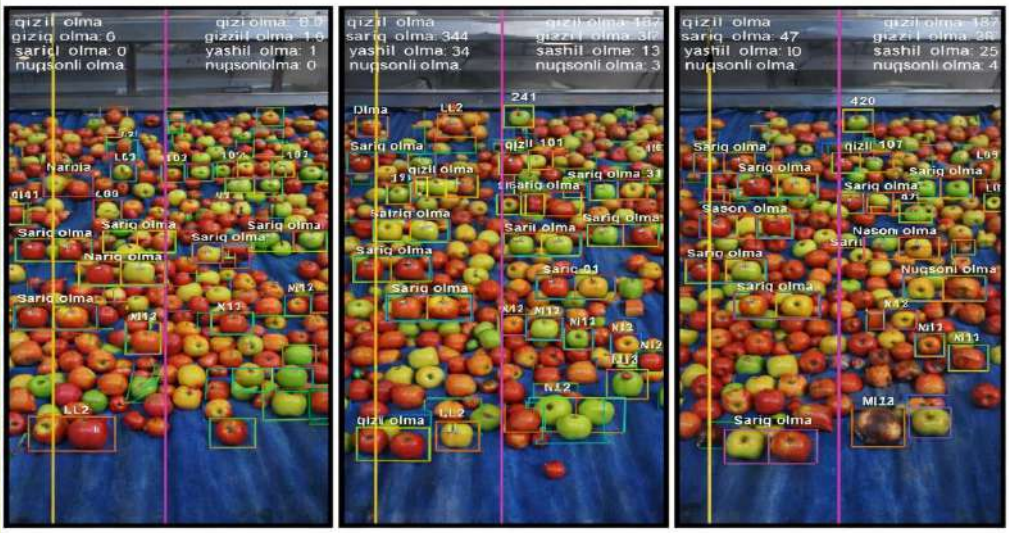
- **6-rasm**: epochlar bo‘yicha noto‘g‘ri taxminlar soni kamayib boradi; bu modelning sinflar chegarasini tobora aniqroq ajratayotganini bildiradi.
- **7-rasm**: to‘g‘ri taxminlar soni ortib boradi va keyingi epochlarda plato holatiga yaqinlashadi; bu esa o‘qitishning oxirgi bosqichlarida “kamayib boruvchi foyda” tendensiyasini ko‘rsatadi.

5) Real konveyer videosida qo‘llash natijalari (8–9-rasmlar)



8-rasm. Aniqlangan obyektlarning chegaralovchi to‘rtburchaklari (Bounding box).

ISSN 3030-3907



9-rasm. Konveyer lentadagi olma videosida model qo‘llangan kadrlar (deteksiya, tasniflash va sanash).

Treningdan o‘tgan model konveyer lentadan olingan videoda sinovdan o‘tkazilganda, deteksiya natijalari amaliy jihatdan qoniqarli bo‘ldi. **13-rasm**da bounding boxlar va sinf yorliqlari bilan real kadrlar misoli keltiriladi: turli rangdagi olmalar va nuqsonli obyektlar ajratib ko‘rsatiladi. **14-rasm** esa deteksiya+tuzilish+sanash jarayoni ishlatilgan ketma-ket kadrlarni ifodalaydi.

Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatdiki:

- Obyektlar juda zich bo‘lib, bir-birini yopib qolgan (overlap) holatlarda qisqa muddatli tracking uzilishi yoki deteksiya ishonchi pasayishi mumkin.
- Konveyer bo‘ylab ma’lum nuqtadan keyin olmalar “tarqalishi” bilan overlap kamayadi va deteksiya hamda tracking izchilligi yaxshilanadi.
- ID asosidagi kuzatuv va line-crossing mantiqi bir obyektni takror sanash ehtimolini sezilarli kamaytiradi; bu real vaqt monitoring uchun muhim.

6) Muhokama va amaliy ahamiyat

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan yondashuv sanoat konveyerida rang bo‘yicha saralash hamda nuqsonli olmalarni ajratish vazifasiga mos keladi. Ayniqsa, mAP50 ko‘rsatkichining yuqori bo‘lishi obyektlar aniqlanishi kuchli ekanini bildirsa, mAP50:0.95 ning 0.848 gacha chiqishi lokatsiya aniqligi ham amaliy darajada barqaror ekanini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, tizimni yanada ishonchli qilish uchun quyidagi omillar muhim:

1. **Datasetni diversifikatsiya qilish**: fon teksturalari, yorug‘lik ssenariylari, kamera burchagi va konveyer tezligi bo‘yicha namunalarni ko‘paytirish.
2. **Nuqsonli sinfni boyitish**: dog‘ turlari, ezilish darajalari, deformatsiya ko‘rinishlari bo‘yicha ko‘proq real misollar kiritish (bu sinfdagi FN ni kamaytiradi).

ISSN 3030-3907

3. **Trackingni barqarorlashtirish**: overlap ko‘p bo‘lgan joylarda ID uzilishi ehtimoli yuqori bo‘lgani uchun treker sozlamalarini optimallashtirish (masalan, ByteTrack/BoT-SORT parametrlari).

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu tadqiqotda sanoat konveyer lentasida harakatlanayotgan olmalarni **to‘rtta sinf** — *qizil, sariq, yashil va nuqsonli* — bo‘yicha **real vaqt rejimida aniqlash, tasniflash, kuzatish (ID tracking) va sanash**ga mo‘ljallangan kompyuter ko‘rish yechimi ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuvda Ultralytics YOLOv8 detektori asosiy “idrok” moduli sifatida moslashtirilib o‘qitildi, video oqimida esa takror sanashni cheklash uchun **ID + line-crossing** (ikkita virtual chiziq) mantiqi qo‘llandi. Trening natijalari modelning konveyer sharoitiga yaqin muhitda yuqori barqarorlikka ega ekanini ko‘rsatdi: 500 epoch yakunida umumiy **Precision=0.9931**, **Recall=0.9856**, **F1=0.9893**, **mAP@0.50=0.992**, **mAP@0.50:0.95=0.848** qiymatlariga erishildi. Sinflar kesimida mAP@0.50:0.95 ko‘rsatkichlari ham yuqori bo‘lib, qizil olma (0.832), sariq olma (0.849), yashil olma (0.881) va nuqsonli olma (0.829) natijalari amaliy saralash talablariga mos ekanini tasdiqlaydi. Modelning real konveyer videosidagi vizual ishlashi **13-rasm** (bounding box natijalari) va **14-rasm** (ketma-ket kadrlar) orqali namoyish etiladi. Shuningdek, sanash modulida ikki chiziqli verifikatsiya yondashuvi (**5-rasm**) obyektlar zich kelgan holatlarda ham “o‘tkazib yuborish” (FN) ehtimolini kamaytirib, monitoring ishonchliligini kuchaytirishga xizmat qildi.

Umuman olganda, taklif etilgan yondashuvda Ultralytics YOLOv8 detektori asosidagi tizim ishlab chiqarishda inson omiliga bog‘liq xatolarni kamaytirish, sifat nazoratini standartlashtirish va saralash jarayonining tezligini oshirish uchun amaliy yechim bo‘la oladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Zhang Y., Wu L., Zhu H. Apple detection and classification method based on deep learning in orchard environment. Computers and Electronics in Agriculture Journal, Vol. 168, Netherlands, 2020 year, Pages 105–123.

2. Uljaev E., Abdixalilov O‘.U. Sun’iy intellekt asosida meva saralash tizimlarini takomillashtirish: mexanik va optik usullar tahlili. *The Role and Prospects of Modeling in the Processes of Digital Transformation*: Xalqaro ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya materiallari, 1-qism, Namangan: Namangan davlat texnika universiteti, 2025, 4–5-dekabr.

3. Rojas Santelices I., Cano S., Moreira F., Peña Fritz Á. Artificial Vision Systems for Fruit Inspection and Classification: Systematic Literature Review. Sensors Journal, Vol. 25 No. 5, Switzerland, 2025 year, Pages 1524–1546.

ISSN 3030-3907

4. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLOv8: State-of-the-art real-time object detection framework. Ultralytics Technical Documentation and Open-source Release, USA, 2023 year, Pages 1–20.
5. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), USA, 2018 year, Pages 1–6.
6. Uljaev E., Abdixalilov U., Suleymanova S., Tadjitdinov G. *Analysis of Methods and Means of Fruit Sorting, Selection of a Rational Method of Fruit Sorting.* International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, 2025, Issue 22, Vol. II, pp. 233–241.
7. Zhang Z., Cao J., Wang H. ByteTrack: Multi-object tracking by associating every detection box. European Conference on Computer Vision (ECCV), Germany, 2022 year, Pages 1–15.
8. Xu Y., Zhao C., Yang W. Multi-object tracking method for agricultural product sorting based on deep learning. Computers and Electronics in Agriculture Journal, Vol. 186, Netherlands, 2021 year, Pages 106–210.
9. 1Rojas Santelices I., Cano S., Moreira F., Peña Fritz Á. Artificial Vision Systems for Fruit Inspection and Classification: Systematic Literature Review. Sensors Journal, Vol. 25 No. 5, Switzerland, 2025 year, Pages 1524–1546.
10. Bhargava A., Bansal A. Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision: A review. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, Vol. 33 No. 3, Saudi Arabia, 2021 year, Pages 243–257.
11. Zhang Y., Wu L., Zhu H. Apple detection and classification method based on deep learning in orchard environment. Computers and Electronics in Agriculture Journal, Vol. 168, Netherlands, 2020 year, Pages 105–123.
12. Li J., Wang S., Yang G. Real-time fruit detection and classification in agricultural environments using deep convolutional neural networks. IEEE Access Journal, Vol. 7, USA, 2019 year, Pages 142–150.
13. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. Ultralytics YOLOv8: State-of-the-art real-time object detection framework. Ultralytics Technical Documentation and Open-source Release, USA, 2023 year, Pages 1–20.
14. Zhang X., Huang W., Li J. Deep learning-based detection of apple defects using machine vision. Postharvest Biology and Technology Journal, Vol. 162, Netherlands, 2020 year, Pages 111–120.
15. Zhang Y., Sun H., Fu L. Automatic fruit grading system based on computer vision: A review. Information Processing in Agriculture Journal, Vol. 7 No. 3, China, 2020 year, Pages 1–15.

ISSN 3030-3907

16. Redmon J., Farhadi A. YOLOv3: An Incremental Improvement. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), USA, 2018 year, Pages 1–6.
17. Xu Y., Zhao C., Yang W. Multi-object tracking method for agricultural product sorting based on deep learning. Computers and Electronics in Agriculture Journal, Vol. 186, Netherlands, 2021 year, Pages 106–210.
18. Zhang Z., Cao J., Wang H. ByteTrack: Multi-object tracking by associating every detection box. European Conference on Computer Vision (ECCV), Germany, 2022 year, Pages 1–15.

ISSN 3030-3907

543.422.3-74+543.33+ 546.74

TEMIR(III) IONINI 4-AMINO-5-GIDROKSI-6-(PIRIDIL-2-AZO)-3-SULFONAFTALIN-1-SULFOKISLOTANING MONONATRIYLI TUZI (HR) BILAN KOMPLEKS HOSIL QILISH REAKSIYASINING OPTIMAL SHAROITLARINI ANIQLASH

Turabov Nurmuxammat Turabovich
O‘zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasi professori, k.f.n.
Todjiyev Jamoliddin Nasriddinovich
O‘zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasi dotsenti, k.f.d.
Tuliyev Bexruz Alimqulovich
O‘zbekiston Milliy universiteti analitik kimyo kafedrasi o‘qituvchisi.,
Xusanov Baxrom Mengdovulovich
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti Umumiy kimyo va kimyoviy texnologiyalar kafedrasi dotsenti, PhD
Qilicheva Xusnora Bahodir qizi
Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti talabasi

Annotatsiya. Temir(III) ionining 4-amino-5-gidroksi-6-(piridil-2-azo)-3-sulfonaftalin-1-sulfokislotaning mononatriyli tuzi (HR) bilan rangli kompleksining hosil bo‘lish reaksiyalari o‘tkazildi va optimal sharoitlari aniqlandi.

Kalit so‘zlar: 4-amino-5-gidroksi-6-(piridil-2-azo)-3-sulfonaftalin-1-sulfokislotaning mononatriyli tuzi, temir(III) ioni, optimal sharoitlar, Solishtirma eritma.

Аннотация. Проведены реакции образования цветного комплекса иона железо(III) с мононатриевой солью 4-амино-5-гидрокси-6-(2-пиридилазо)-3-сульфонафталина-1-сульфоновой кислоты и определены оптимальные условия.

Ключевые слова: Мононатриевая соль 4-амино-5-гидрокси-6-(2-пиридилазо)-3-сульфонафталина-1-сульфоновой кислоты, ион железо(III), оптимальные условия, Раствор сравнения.

Abstract. The reactions of formation of a colored complex of the iron(III) ion with the monosodium salt of 4-amino-5-hydroxy-6-(2-pyridylazo)-3-sulfonaphthalene-1-sulfonic acid were carried out and the optimal conditions were determined.

Keywords: monosodium salt of 4-amino-5-hydroxy-6-(2-pyridylazo)-3-sulfonaphthalene-1-sulfonic acid, optimal conditions, iron(III) ion, Reference solution.

KIRISH.

Spektrofotometrik aniqlash usuli metall ionlarini aniqlashning keng qo‘llaniladigan va samarali instrumental metodlaridan biridir. Usul xromogen

ISSN 3030-3907

reagentlar bilan metall ionlarining rangli kompleks hosil qilishiga va ularning ma’lum to‘lqin uzunliklarida yorug‘likni yutishiga asoslanadi. Yuqori sezgirlik, yetarli selektivlik va soddalik sababli mazkur metod og‘ir hamda zaharli [1-2] metall ionlarini aniqlashda hozirgi kunda ham dolzarbligini saqlab qolmoqda.

Atrof-muhitning og‘ir va zaharli metall ionlari bilan ifloslanishi muammosi birinchi navbatda, inson organizmiga ta’siri bilan izohlanadi. Og‘ir va zaharli metall ionlari organizmning deyarli barcha a’zolariga ta’sir qiladi, toksik, allergik, kanserogen, gonadotrop kabi ta’sir ko‘rsatish xususiyatlariga ega [3]. Dunyo bo‘ylab og‘ir va zaharli metall ionlarining salbiy ta’sirlari tufayli atrof-muhitning ifloslanishi tobora ko‘proq muammoga aylanib bormoqda [4] va katta tashvish tug‘dirmoqda. Ma’lumki, hozirgi kunda og‘ir va zaharli metallarining mikromiqdorlarini optik analiz usullari yordamida organik reagentlar bilan aniqlash muhim ahamiyatga ega. Organik reagentlar molekulasi tarkibida funksional faol va analitik faol guruhlarning mavjudligi, ularning ahamiyatini yanada orttiradi[5].

ISHDAN MAQSAD. 4-amino-5-gidroksi-6-(piridil-2-azo)-3-sulfonaftalin-1-sulfokislotaning mononatriyli tuzi (HR) asosida temir(III) ionlari bilan kompleks hosil bo‘lish reaksiyasining optimal sharoitlarini aniqlash hamda yuqori aniqlik, sezgirlik va selektivlikka ega bo‘lgan samarali spektrofotometrik aniqlash uslubini ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur yondashuv kompleks hosil bo‘lish jarayonining muvozanat sharoitlarini chuqur tahlil qilish, analitik parametrlarni optimallashtirish va usulning amaliy qo‘llanish imkoniyatlarini kengaytirishga qaratilgan.

TAJRIBA QISM. Ushbu ilmiy ishda hozirgi davr talablariga javob beradigan yangi analitik reagentlardan [6] biri 4-amino-5-gidroksi-6-(piridil-2-azo)-3-sulfonaftalin-1-sulfokislotaning mononatriyli tuzining turli fizik-kimyoviy tavsiflarini hamda ba’zi og‘ir va zaharli metallar bilan kompleks hosil qilish jarayonlarini o‘rganish va ular asosida ba’zi metallarning mikromiqdorlarini aniqlash uslublarini ishlab chiqish, fizik-kimyoviy tavsiflarini aniqlash, sanoat qotishmalarining standart namunalari va tabiiy obyektlar tarkibidan aniqlash nazariy va amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Analiz jarayonida temir(III) ionini 1,0 mg/ml li standart eritmasi, 0,05% li HR reagenti va bufer eritmalardan foydalanildi. Ushbu ilmiy tadqiqot ishda yangi HR reagentidan 0,05 gr tortib olib, 100 ml li o‘lchov kolbasiga solindi va belgisigacha distillangan suvda eritildi. Buning uchun $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (a.u.t.) markali tuzidan foydalanildi. Tuzning hisoblangan miqdorini (0,48397 gr) ni analitik tarozuda tortib olib 100 ml li o‘lchov kolbasiga solindi. Uni distillangan suvda eritib 1mg/ml li 100 ml li standart eritmasi tayyorlandi. Ishchi eritmalar esa har bir

ISSN 3030-3907

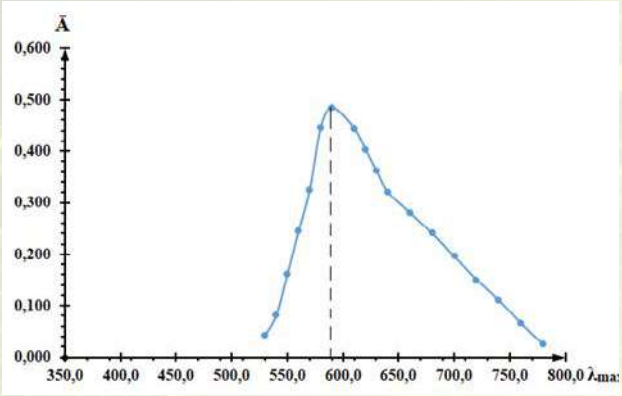
ish oldidan 1mg/ml standart eritmasidan alikvot qism olib suyultirib tayyorlandi. Turli pH dagi bufer eritmalarni tayyorlash uchun “Analitik kimyo ma’lumotnomasi” dan [7] foydalanildi. Tajriba natijalari konsenrasion fotokolorimetr (KFK-3) va pH metrda Biobase bench-top pH/mV/Temp meter (Biobase Biodustry (Shandong) Co., Ltd., China) o‘lchandi.

Temir(III) ionining HR reagenti bilan kompleks birikmasining optimal nur filtrini tanlash. Ma’lumki har bir modda, tabiatiga ko‘ra ma’lum to‘lqin uzunligidagi nurni yutadi. Shuni e’tiborga olgan holda temir(III) ning (HR) bilan kompleksining eng yuqori nur yutish sohasi quyidagi uslub bilan aniqlandi. 25 ml li o‘lchov kolbasiga pH=5,0 ga teng bo‘lgan atsetat bufer eritmadan 5,0 ml, 0,05% li (HR) eritmasidan 1,0 ml, 50,0 mkg/ml li Fe(III) eritmasidan 1,0 ml solib, kolbaning belgisigacha distillangan suv bilan to‘ldirildi. Hosil bo‘lgan kompleks birikmaning optik zichligi KFK-3, nur yutish qalinligi ℓ=3,0 sm da har xil nur filtrlarida o‘lchandi. Solishtirma eritma sifatida erkin eritma (temir(III) ionidan boshqa hamma komponentlar mavjud bo‘lgan eritma) dan foydalanildi. O‘lchash natijalari 1-rasmda keltirildi. Olingan natijalardan ko‘rinib turibdiki, temir(III) ning (HR) reagent bilan kompleks birikmasi λ_{max}=590 nm da yuqori optik zichlikni namoyon qildi.

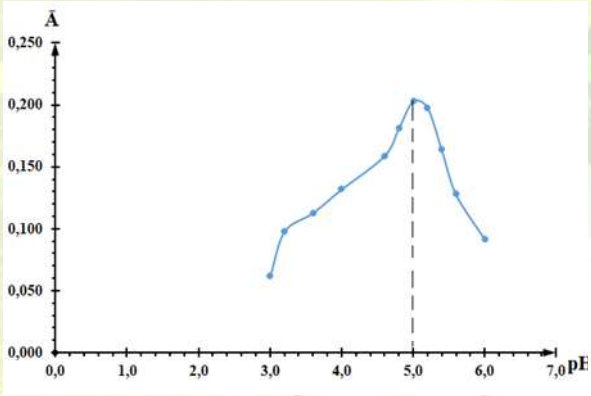
Temir(III) ionining HR reagenti bilan kompleks birikmasi optik zichligining eritma muhiti (pH) ga bog‘liqligi. Reaksiyani amalga oshirishning muhim shartlaridan biri, uning muhiti ekanligini hisobga olib temir(III) ionining HR bilan bergan kompleks birikmasi uchun optimal sharoit tanlashda pH ko‘rsatkichlari har xil bo‘lgan atsetatli bufer eritmalar yordamida aniqlandi [8-9].

Aniqlash uslubi. Buning uchun 25 ml o‘lchov kolbasiga 5,0 ml pH ko‘rsatkichi 3,0 dan 6,0 gacha bo‘lgan atsetatli bufer eritmasidan, 0,05% li HR reagenti eritmasidan 1,0 ml, 30,0 mkg/ml li Fe(III) ioni eritmasidan 1,0 ml solib kolba belgisigacha distillangan suv qo‘shib suyultirildi. Kompleks birikma eritmalarining optik zichliklari KFK-3 da, λ_{max}=590 nm da va qalinligi ℓ=3,0 sm li kyuvetada o‘lchandi. Aniqlash natijalari 2-rasmda keltirildi. 2-rasm natijalaridan ko‘rinib turibdiki, kompleks birikmaning eng yuqori optik zichligi pH=5,0-5,20 gacha oralig‘ida kuzatildi va optimal muhit pH=5,0 tanlandi, chunki shu pH da optik zichlik maksimal qiymatga ega bo‘ldi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Fe(III) kompleksi optik zichligining nur filtriga bog‘liqligi



2-rasm. Kompleks birikma optik zichligining pH ga bog‘liqligi

Kompleks birikma optik zichligining bufer eritma tarkibiga bog‘liqligini aniqalsh uchun asosiy reaksiya (Fe^{3+}:HR) komponentlariga pH=5,0 bo‘lgan atsetatli va fosfatli-sitratli eritmalar tayyorlandi.

ANIQLASH USLUBI. Fotometrik eritmalar tayyorlash uchun yuqorida ko‘rsatilganidek, 25 ml li o‘lchov kolbalariga pH=5,00 bo‘lgan har xil bufer eritmalardan 5,0 ml dan, 0,05% li HR ning suvli eritmasidan 1,0 ml, 30,0 mkg/ml li Fe(III) ioni eritmasidan 1,0 ml solib, kolbaning belgisigacha distillangan suv bilan suyultirildi. Optik zichliklari solishtirma eritmaga nisbatan o‘lchandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirildi.

1-Jadval

Optik zichlikning bufer eritma tarkibiga bog‘liqligi (KFK-3, l=3,0 sm, n=3)

Bufer eritma nomi	Bufer eritmaning tarkibi	pH	$Ā_{o‘rt}$
Atsetatli	$CH_3COOH+CH_3COONa$	5,0	0,197
Fosfatli-sitratli	$Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O + C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	5,0	0,182

Natijalardan ko‘rinib turibdiki, atsetatli bufer eritma yordamida kompleks birikma hosil qilinganda maksimal optik zichlik kuzatildi. Keyingi tadqiqot ishlarida pH=5,0 bo‘lgan atsetatli bufer eritmadan foydalanildi.

Kompleksining vaqtga nisbatan barqarorligi. Kompleksning barqarorligini aniqlash uchun, eritmaning optik zichligini vaqtga nisbatan barqarorligi o‘rganildi.

ANIQLASH USLUBI. 25 ml li o‘lchov kolbasiga 30,0 mkg/ml li temir(III) eritmasidan 1,0 ml, 0,05% li HR reagentidan 1,0 ml va 5,0 ml (pH=5,0) atsetatli bufer eritmadan solinib, kolbani belgisigacha distillangan suv bilan to‘ldirildi. Hosil bo‘lgan kompleks birikma optik zichligi ma’lum vaqtlar oralig‘ida solishtirma eritmaga nisbatan o‘lchandi. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirildi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatadiki, kompleks birikmaning optik zichlik qiymati

ISSN 3030-3907

130 minutgacha barqarordir va keyinchalik biroz pasayishi kuzatildi. Bu vaqt oralig‘ida analizni bajarish uchun yetarli ekanligini xulosa qilish mumkin.

Kompleks birikma tarkibiy komponentlarining quyilish tartibini o‘rganish. Reaksiyaning unumi komponentlar quyilish tartibiga ham bog‘liqligini e’tiborga olgan holda eritmalarni yuqorida ko‘rsatilgan usul bilan tayyorlandi va komponentlarning quyilish tartibini o‘zgartirib, 9 xil quyilish ketma-ketligida bir nechta tajribalar o‘tkazildi. Olingan natijalardan xulosa qilish mumkinki, komponentlarning 6-tartibdagi qo‘shilish ketma-ketligida maksimal optik zichlik kuzatildi va keyingi tadqiqot ishlarida 6-quyilish tartibi tanlandi (2-jadval).

2-Jadval

Kompleks birikma optik zichligining vaqtga nisbatan barqarorligi va komponentlarning quyulish tartibini o‘rganish natijalari

($C_{Fe^{3+}}$=30,0 mkg/ml, C_{HR}=0.05%, pH=5,0; ℓ=3,0 sm, λ_{max}=590 nm, n=3)

№	t_{min}	Ā	t_{min}	Ā	№	*Quyilish tartibi*	$A_{o‘rt}$
1	1	0,187	80	0,190	***1***	bufer+reagent+ Me +dist.suv	0,142
2	5	0,188	90	0,189	***2***	bufer+reagent+dist.suv+ Me	0,134
3	10	0,189	100	0,188	***3***	bufer+ Me +dist.suv+reagent	0,158
4	20	0,190	110	0,187	***4***	bufer+ Me +reagent+dist.suv	0,131
5	30	0,190	120	0,188	***5***	reagent+ Me +bufer+dist.suv	0,126
6	40	0,191	**130**	**0,189**	***6***	**reagent+bufer +Me +dist.suv**	**0,184**
7	50	0,190	140	0,184	***7***	reagent+dist.suv+bufer+ Me	0,147
8	60	0,189	160	0,182	***8***	reagent+bufer+dist.suv+ Me	0,118
9	70	0,190	180	0,184	**9**	Me +bufer+reagent+dist.suv	0,163

XULOSA. Fe(III) ionining (HR) reagenti bilan rangli kompleks birikmasining optimal sharoitlari: reagent va uning temir(III) ioni bilan hosil qilgan kompleksning yutilish spektrlari (λ_{max}(HR)=525 nm, λ_{max}(FeR)=590 nm), ekanligi spektrofotometrik uslubda aniqlanib kiyengi tadqiqotlarimiz aniqlangan to‘lqin uzunliklarida olib boorish uchun tavsiya etildi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Goswani A., Agarwal S. Spectrophotometric determination of copper and iron : reagents and methods//De Gruyter. Monograph. –2021. –№4. –268p.
2. Никоненко И.С. Экспресс-методы определения ионов меди и кадмия в окружающей среде // Молодой ученый. –2016. –№ 24. –С. 121-124.
3. Karimov A.A. Inson organizmining og‘ir metallar bilan zararlanish yo‘llari // Academic Research in Educational Sciences. – 2022. –V. 3. – №4. –56-61 b.
4. Jessica B., Emmanuel S., Renald B. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // Science Direct Heliyon journal.–2020. –V. 6. -№9. –P.1-26.
5. Turabov N.T., Xusanov B.M., Todjiyev J.N. Nikel ionlarini azorubin bilan kompleks hosil qilish reaksiyasining optimal sharoitlarini aniqlash. // “O‘zbekiston Milliy Universiteti xabarlari” jurnali. Toshkent-2023 3/1 tabiiy fanlar turkumi. 432- 435 b.
6. Жевлакова А.А. Спектрофотометрическое определение меди(II) и никеля(II) при совместном присутствии// Вып. квал. раб. Пензенский государственный университет. –г. Пенза, –2017, –72 с.
7. Саввин С.Б., Штыков С.Н., Михайлова А.В. Органические реагенты в спектрофотометрических методах анализа // Успехи химии. –2006. –Т. 75. – № 4. –С. 380-389.
8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, –1989. –448 с.
9. Калинкин И.П., Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа //М.: Книга по Требованию, 5-ое изд. – 2013. –432 с.

ISSN 3030-3907

MEVA VA REZAVORLARNI AKUSTIK QURITISHDA HARORAT VA AKUSTIK TA'SIRNING BIRGALIKDAGI OPTIMAL NISBATINI ANIQLASH

Haydarova Nargiza Dilmurod qizi
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada meva va rezavorlarni akustik quritish jarayonida harorat va akustik ta'sir parametrlarining birgalikdagi optimal nisbati aniqlangan. Tadqiqot jarayonida quritish samaradorligiga harorat, ultratovush chastotasi va quvvatining ta'siri kompleks ravishda o'rganilgan. Matematik modellash usullari asosida namlik chiqarish tezligi, energiya sarfi hamda mahsulot sifat ko'rsatkichlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqliklar tahlil qilingan. Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, harorat va akustik ta'sirning muvofiqlashtirilgan rejimi quritish jarayonini jadallashtiradi, mahsulotning tabiiy rangi, tuzilmasi va saqlash muddatlarining uzayishiga xizmat qiladi hamda energiya sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Olingan optimal parametrlar meva va rezavorlarni quritish texnologiyasini takomillashtirish va sanoat miqyosida qo'llash uchun ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: akustik quritish, ultratovush, harorat, optimal nisbat, matematik modellash, energiya tejamkor texnologiya, meva va rezavorlar.

Аннотация. В данной статье определено оптимальное соотношение параметров температуры и акустического воздействия при акустической сушке плодов и ягод. В процессе исследования комплексно изучено влияние температуры, частоты и мощности ультразвука на эффективность процесса сушки. На основе методов математического моделирования проанализированы взаимосвязи между скоростью удаления влаги, энергозатратами и показателями качества продукции. Результаты экспериментов показали, что согласованный режим температуры и акустического воздействия интенсифицирует процесс сушки, способствует сохранению естественного цвета и структуры продукции, увеличению сроков хранения и существенному снижению энергозатрат. Полученные оптимальные параметры имеют научно-практическую значимость для совершенствования технологии сушки плодов и ягод и её внедрения в промышленном масштабе.

Ключевые слова: акустическая сушка, ультразвук, температура, оптимальное соотношение, математическое моделирование, энергосберегающая технология, плоды и ягоды.

Abstract. This article determines the optimal ratio between temperature and acoustic treatment parameters in the acoustic drying of fruits and berries. The study

ISSN 3030-3907

comprehensively investigates the effects of temperature, ultrasonic frequency, and power on the efficiency of the drying process. Based on mathematical modeling methods, the interrelationships between moisture removal rate, energy consumption, and product quality indicators are analyzed. The experimental results demonstrate that a coordinated regime of temperature and acoustic treatment intensifies the drying process, promotes the preservation of the natural color and structure of the products, extends their shelf life, and significantly reduces energy consumption. The obtained optimal parameters have scientific and practical significance for improving fruit and berry drying technologies and for their implementation on an industrial scale.

Keywords: acoustic drying, ultrasound, temperature, optimal ratio, mathematical modeling, energy-saving technology, fruits and berries.

KIRISH.

Bugungi kunda meva va rezavor mahsulotlarini qayta ishlash va saqlash oziq-ovqat sanoatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur mahsulotlar tarkibida yuqori miqdorda namlik mavjud bo‘lib, ular tez buziladi va qisqa muddatda sifat ko‘rsatkichlarini yo‘qotadi. Shu sababli meva va rezavorlarni samarali quritish texnologiyalarini ishlab chiqish va takomillashtirish dolzarb ilmiy-amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

An’anaviy quritish usullari, xususan, konvektiv issiq havo yordamida quritish jarayonlari yuqori energiya sarfi, mahsulotning tabiiy rangi va biologik faol moddalarining yo‘qotilishi hamda quritish muddatining uzoqligi bilan tavsiflanadi. Bu esa yangi, energiya tejamkor va mahsulot sifatini saqlovchi innovatsion texnologiyalarni joriy etishni talab qiladi [1].

So‘nggi yillarda quritish jarayonlarini intensifikatsiya qilish maqsadida akustik (ultratovushli) ta’sirdan foydalanishga katta e’tibor qaratilmoqda. Ultratovush to‘lqinlari mahsulot tuzilmasiga mexanik va fizik ta’sir ko‘rsatib, hujayra devorlarida mikroqatlamlar hosil qiladi hamda namlikning ichki qatlamlardan tashqi muhitga chiqishini jadallashtiradi. Natijada massalmashinuv jarayonlari kuchayadi va quritish vaqti sezilarli darajada qisqaradi [2].

Akustik quritish samaradorligi asosan harorat rejimi hamda ultratovush ta’sirining chastotasi va quvvatiga bog‘liq bo‘ladi. Ushbu parametrlarning noto‘g‘ri tanlanishi mahsulot sifatining pasayishiga yoki ortiqcha energiya sarfiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun harorat va akustik ta’sir parametrlarining o‘zaro muvofiqlashtirilgan optimal nisbatini aniqlash ilmiy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Olib borilgan tadqiqotning maqsadi meva va rezavorlarni akustik quritish jarayonida harorat va ultratovush ta’sir parametrlarining birgalikdagi optimal

ISSN 3030-3907

nisbatini matematik modellash asosida aniqlash hamda quritish jarayoni samaradorligini oshirishdan iborat [3]. Olingan natijalar meva va rezavorlarni quritish texnologiyasini takomillashtirish, energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifat ko‘rsatkichlarini saqlashga qaratilgan yangi ilmiy-amaliy yechimlarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

TADQIQOTNING USULI.

Tadqiqot obyekti sifatida keng iste’mol qilinadigan va turli tuzilishga ega bo‘lgan meva va rezavor mahsulotlari (qulupnay va smarodina) tanlab olindi. Tajribalar uchun yangi terilgan, mexanik shikastlanmagan va bir xil pishganlik darajasiga ega bo‘lgan namuna mahsulotlar saralab olindi.

Tadqiqotdan oldin mahsulotlar oqim suvda yuvildi, tashqi namligi olib tashlandi va kattaligi 5±1 mm bo‘lgan bir xil geometrik shakldagi bo‘laklarga ajratildi. Bu jarayon quritish vaqtida namlik chiqarishning bir maromda kechishini ta’minlash maqsadida amalga oshirildi.

Boshlang‘ich namlik miqdori gravimetrik usulda aniqlandi va tajriba boshlanishida 78–88 % oralig‘ida bo‘ldi.

Tajriba qurilmasi va ish rejimi

Tadqiqotlar laboratoriya sharoitida maxsus ishlab chiqilgan akustik quritish qurilmasida amalga oshirildi. Qurilma quyidagi asosiy qismlardan iborat:

-quritish kamerasi;
-transpartyor lenta;
-issiq havo generatori;
-ultratovush manbai;
-harorat va namlik sensorlari;
-boshqaruv bloki.

Akustik ta’sir manbai sifatida 20–40 kGs diapazonda ishlaydigan ultratovush generatori qo‘llanildi. Ultratovush quvvati 50–150 Vt oralig‘ida o‘zgartiriladi. Quritish harorati 50–70 °C diapazonda belgilandi.

Tajriba jarayonida quyidagi rejim parametrlari o‘zgaruvchan omillar sifatida qabul qilindi:

-harorat (T, °C);
-ultratovush chastotasi (f, kGs);
-ultratovush quvvati (P, Vt);
-quritish davomiyligi (τ, min).

Quritish jarayonida quyidagi ko‘rsatkichlar muntazam ravishda o‘lchab borildi:

1. NAMLIK CHIQARISH TEZLIGI

ISSN 3030-3907

Namlik miqdori har 10–15 daqiqada elektron tarozi yordamida aniqlandi. Namlik chiqarish tezligi quyidagi ifoda orqali hisoblandi:

$$W = \frac{m_0 - m_t}{t}$$

bu yerda:

m_0— boshlang‘ich massa, g;

m_t— vaqt oralig‘idagi massa, g;

t— quritish vaqti, min.

2. ENERGIYA SARFINI BAHOLASH

Energiya sarfi quritish jarayonida qurilma tomonidan iste’mol qilingan elektr energiyasi asosida hisoblandi. Solishtirma energiya sarfi quyidagi formula bilan aniqlandi:

$$E = \frac{N * \mathrm{t}}{m_{suv}}$$

bu yerda:

N — qurilmaning elektr quvvati, kVt;

t— quritish vaqti, soat;

m_{suv} — chiqarilgan namlik miqdori, kg.

3. MAHSULOT SIFATI KO‘RSATKICHLARI

Quritilgan mahsulot sifati quyidagi kriteriylar asosida baholandi:

-rang saqlanishi (vizual va kolorimetr usulida);

-tekstura va qattiqlik (mexanik siqish usuli orqali);

-qisqarish darajasi;

-qayta suvlanish qobiliyati;

-organoleptik ko‘rsatkichlar (hid, ta’m, tashqi ko‘rinish).

Qayta suvlanish koeffitsiyenti quyidagi ifoda bilan hisoblandi:

$$\mathrm{R} = \frac{m_{qayta}}{m_{quruq}}$$

bu yerda:

m_{qayta}— qayta suvlangan mahsulot massasi, g;

m_{quruq}— quritilgan mahsulot massasi, g.

MATEMATIK MODELLASH VA OPTIMALLASHTIRISH

Olingan eksperimental ma’lumotlar asosida quritish jarayonining regressiya modellari tuzildi. Harorat va akustik ta’sir parametrlarining namlik chiqarish tezligi hamda energiya sarfiga ta’siri ko‘p omilli funksiya sifatida ifodalandi:

$$Y = f(T, f, P)$$

bu yerda:

Y — quritish samaradorligi (namlik chiqarish tezligi yoki energiya sarfi);

ISSN 3030-3907

T — harorat;
f — ultratovush chastotasi;
P — quvvat.

Optimal rejim parametrlari ekstremum nuqtalarini aniqlash usuli orqali hisoblandi. Bunda asosiy maqsad funksiyasi sifatida energiya sarfini minimallashtirish va mahsulot sifat ko‘rsatkichlarini maksimallashtirish qabul qilindi [4].

TADQIQOTNING BAHOLASH KRITERIYLARI

Quritish jarayoni samaradorligi quyidagi asosiy kriteriylar bo‘yicha baholandi:

-quritish vaqtining qisqarishi (%);
-solishtirma energiya sarfining kamayishi (kVt·soat/kg);
-mahsulot rangi va tuzilmasining saqlanish darajasi;
-qayta suvlanish koeffitsiyenti;
-mahsulotning tashqi ko‘rinishi va organoleptik sifatlari.

Olingan natijalar an’anaviy konvektiv quritish usuli bilan solishtirib tahlil qilindi.

TADQIQOT NATIJASI.

1. Namlik chiqarish dinamikasi

Tajriba natijalari namlik chiqarish kinetikasini ko‘rsatdi. Harorat va ultratovush quvvati ortgan sari quritish tezligi sezilarli darajada oshishi kuzatildi. Tadqiqot obyekti sifatida olingan rezavorlar qulupnay va smorodinani akustik quritishda namlikning yo‘qotilishi quyidagi 1-jadvalda keltirildi

1-Jadval

Qulupnay va smorodinaning akustik quritishda namlik chiqishi (%)

Vaqt, min	Qulupnay (%)	Smorodina (%)
0	85	80
10	72	67
20	61	55
30	53	47
40	46	40
50	39	33
60	32	28

Namlikning chiqishi ultratovush quvvati va harorat yuqori bo‘lganda jadallashib borishi kuzatildi. 60°C harorta va 100 Vt rejimda 60 daqiqada namlik qulupnayda 32%, smorodinada 28% gacha pasaygani aniqlandi, bu an’anaviy issiq havoli quritish jarayoniga nisbatan 25–30% tezroq ekanligini anglatadi [5].

2. Energiya samaradorligi

ISSN 3030-3907

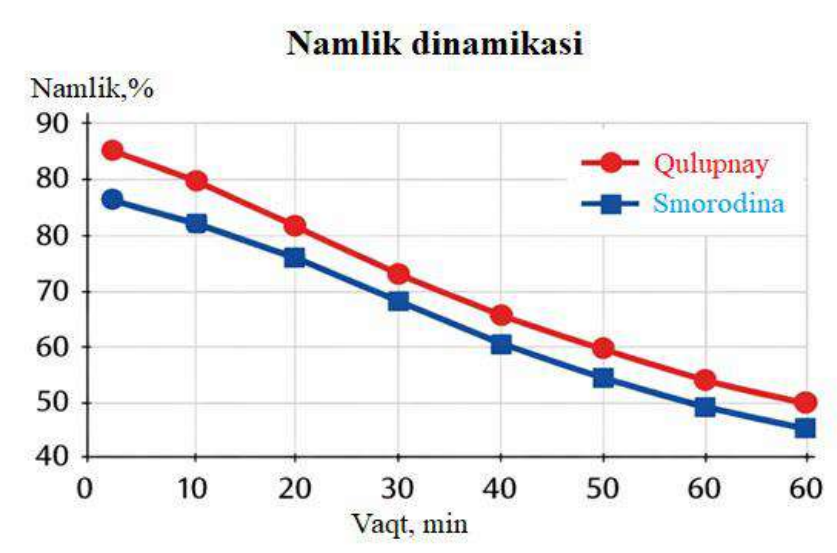
Quritish jarayonini amalga oshirishda energiya sarfi harorat va ultratovush quvvatiga bog‘liqligi tahlil qilindi va quyidagi 2-jadvalga kiritildi.

2-Jadval

Qulupnay va smorodinani akustik quritish jarayonida energiya sarfi (kVt·soat/kg)

Harorat (°C)	Ultratovush quvvati (Vt)	Qulupnay	Smorodina
40	50	1.30	1.28
50	75	1.12	1.10
60	100	0.96	0.94
70	125	0.98	0.97

60°C harorat va 100 Vt rejimda energiya sarfi minimal va mahsulot sifati yuqori bo‘lishi aniqlandi. Harorat 70°C ga ko‘tarilganda energiya sarfi sezilarli darajada oshishi kuzatildi.



1-rasm Namlik chiqarish dinamikasi (qulupnay va smorodina)

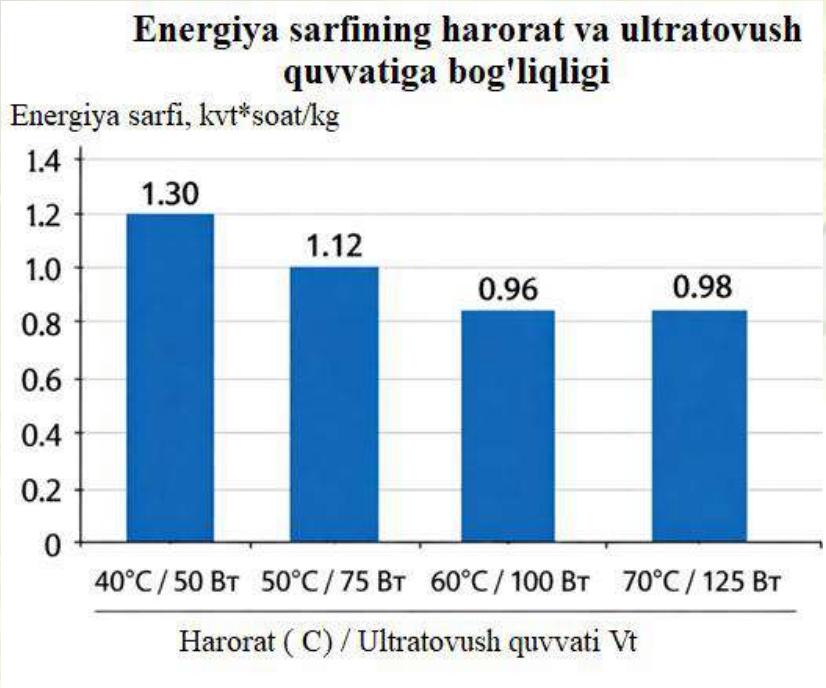
-x o‘qida vaqt (min)

-y o‘qida namlik (%)

qulupnayda namlikning yo‘qotilishi tezroq

smorodina esa jadal pasayish kuatildi

ISSN 3030-3907



2-rasm Energiya sarfi va harorat/ultratovush quvvatiga bog‘liqligi

-60°C va 100 Vt rejimda energiya sarfi minimal

-70°C va 125 Vt rejimda energiya sarfi sezilarli darajada oshib borishi

Ultratovush to‘lqinlari hujayra devorlarida mikroqatlamlar hosil qilib, namlikning ichki qatlamlardan chiqishini jadallashtiradi. Shu sababdan quritish vaqtini an’anaviy usulga nisbatan 25–30% qisqartirishga erishiladi. 60°C harorat va 100 Vt parametrlarida energiya sarfi minimal va mahsulot sifati yuqori ekanligi aniqlandi [6]. Bu optimallashtirish natijalariga to‘liq mos keladi deb aytish mumkin. Ultratovush ta’siri mahsulotning tabiiy rangi, teksturasi va qayta suvlanish qobiliyatini saqlab qolishga yordam beradi, olingan tahlil natijalari ko‘rsatkichlari shuni tasdiqlaydi. Olingan optimal rejimlar energiya tejamkor va samarali texnologiyani ishlab chiqish imkonini beradi. Bu esa qulupnay va smorodina sifatini saqlab qolish va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga erishish mumkinligini anglatadi.

XULOSA.

Xulosa qilib shuni da’kidlash joizki qulupnay va smorodina meva va rezavorlarini akustik quritish jarayoni tahlil qilindi va optimal parametrlar aniqlandi. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, quritish jarayoni ultratovush ta’siri ostida sezilarli darajada jadallashadi. 60°C haroratda va 100 Vt rejimda namlik 60 daqiqada qulupnayda 32%, smorodinada 28% gacha pasayishi kuzatildi, bu an’anaviy issiq havo yordamida quritishga nisbatan 25–30% tezroq ekanligi aniqlandi.

Energiya sarfi va samaradorligi tahlilida ushbu rejim optimal deb topildi. Quritish jarayonida energiya sarfi minimal bo‘lib, mahsulot sifatini saqlab qolish

ISSN 3030-3907

imkonini berishi aniqlandi. Akustik quritish natijasida mahsulotning tabiiy rangi, teksturasi va qayta suvlanish qobiliyati yuqori darajada saqlanishi aniqlandi. Olingan optimal parametrlar energiya tejamkor, samarali va sanoat miqyosida qo‘llanishga tayyor texnologiyani rivojlantirish imkonini beradi. Bu meva va rezavorlarni yuqori sifatda quritish hamda ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Akustik ta’sir va haroratning muvofiqlashtirilgan rejimi qulupnay va smorodina quritish jarayonini jadallashtiradi, energiya sarfini kamaytiradi va mahsulot sifatini saqlab qolishni ta’minlaydi. Olingan natijalar sanoat texnologiyalarini takomillashtirishda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR

1. Норкулова К.Т., Искандаров З.С., Жумаев Б.М. Исследование комбинированной сушильной установки. Международная научная конференция Инновация, Ташкент, 2016. С.96-97.
2. Афонкина В. А. Инфракрасная сушка термолабильного сырья на примере зеленных культур: Дис ... канд. техн. наук. - Челябинск: 2014. - С. 158.
3. Шевцов С.А. Научное обеспечение энергосберегающих процессов сушки и тепловлажностной обработки пищевого растительного сырья при переменном теплоподводе: Дис... док. тех. наук. - Воронеж: 2015. - 488 с.
4. Paes S., Gustavo B., Laurindo B. Effect of vacuum and relaxation periods and solutions concentration on the osmotic dehydration of apples // Int. J.Food Sci. and Technol., 2007. -Vol.42, N4. P.441-447.
5. Литвинюк Н.Ю.Совершенствование процесса сублимационной СВЧ-сушки плодового-ягодных соков: Дис.канд.техн.наук. -Ижевск:Иж ГСХА, 2001. 198 с.
6. Enibe S. Thermal analysis of a natural circulation solar air heater with phase change material energy storage. Renewable Energy, 2003. Vol. 28, P.2269- 2299.

ISSN 3030-3907

ТЕМИР ОКСИДИ (Fe_2O_3) АСОСИДА ТАБИИЙ ГАЗНИ ОЛТИНГУГУРТЛИ БИРИКМАЛАРДАН ТОЗАЛАШ УСУЛИНИ ТАДҚИҚОТ ҚИЛИШ

Сафаров Б.Ж.

Бухоро давлат техника университети

Аннотация. Ушбу мақолада табиий газ таркибидаги олтингугуртли бирикмаларни темир оксиди (Fe_2O_3) асосидаги адсорбент ёрдамида тозалаш жараёни ўрганилди. Тадқиқот давомида 1000 м³ тозаланмаган табиий газ таркибидаги 1,87 % олтингугуртли бирикмаларни камайтириш масаласи таҳлил қилинди. Экспериментал тадқиқотлар уч марта амалга оширилди. Тажрибалар натижасида газ таркибидаги олтингугуртли бирикмалар миқдори 0,09 % гача камайтирилди. Тадқиқот натижалари темир оксиди асосидаги адсорбентлар табиий газни тозалашда юқори самарадорликка эга эканлигини кўрсатди.

Калит сўзлар: табиий газ, темир оксиди, адсорбция, водород сулфиди, газни тозалаш, реагент.

Аннотация. В этой статье описан процесс очистки природного газа от серосодержащих соединений с использованием адсорбента на основе оксида железа (Fe.o.). В ходе исследования был проанализирован вопрос о снижении содержания соединений серы на 1,87% в 1000 м3 неочищенного природного газа. Экспериментальные исследования проводились трижды. Экспериментально содержание серосодержащих соединений в газе было снижено до 0,09%. Результаты исследования показали, что адсорбенты на основе оксида железа обладают высокой эффективностью при очистке природного газа.

Ключевые слова: природный газ, оксид железа, адсорбция, сероводород, очистка газа, реагент.

Annotation. This article explored the process of refining sulfur-containing compounds in natural gas using an iron oxide (Fe .o.) - based adsorbent. During the study, the issue of reducing 1.87% sulfur compounds in 1000 m3 of untreated natural gas was analyzed. Experimental studies have been carried out three times. Experimentally, the content of sulfur-containing compounds in the gas was reduced to 0.09%. The results of the study showed that iron oxide-based adsorbents have high efficiency in natural gas purification.

Keywords: natural gas, iron oxide, adsorption, hydrogen sulfide, gas purification, reagent.

КИРИШ

ISSN 3030-3907

Табиий газ энергетика саноатининг асосий ресурсларидан бири ҳисобланади. Газни истеъмолчиларга етказиб беришдан олдин уни турли зарарли компонентлардан тозалаш талаб этилади. Газ таркибида кўпинча водород сулфиди (H_2S) ва бошқа олтингугуртли бирикмалар учрайди.

Бу моддалар қуйидаги салбий таъсирларга эга:

- газ қувурларининг коррозиясини тезлаштиради,
- инсон саломатлиги учун зарарли,
- атмосферага чиқарилганда экологик муаммоларни келтириб чиқаради.

Шу сабабли газни саноатда ишлатишдан олдин олтингугуртли бирикмалар миқдорини камайтириш муҳим ҳисобланади.

Табиий газни тозалаш учун бир нечта технологиялар мавжуд:

- аминли абсорбция,
- адсорбция усули,
- мембранали усул,
- темир оксиди асосида тозалаш усулларидан иборатдир.

Темир оксиди усули иқтисодий жиҳатдан арзон ва содда технология ҳисобланади.

Сўнгги йилларда табиий газни тозалаш бўйича кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилган. Олимлар томонидан H_2S ни ажратиш учун қуйидаги моддалар қўлланилган:

- амин эритмалари,
- активланган, цеолитлар, кўмир,
- темир оксидилар ишлатилган.

Темир оксиди асосидаги адсорбентлар қуйидаги афзалликларга эга:

- арзон,
- қайта тиклаш мумкин,
- юқори реакция тезлиги эгадир.

Темир оксиди асосида тозалаш назарияси._Темир оксиди водород сулфиди билан реакцияга киришиб темир сулфиди ҳосил қилади.

Кимёвий реакция:

$$Fe_2O_3+3H_2S\rightarrow Fe_2S_3+3H_2O$$

Бу жараён натижасида H_2S газ фазасидан ажратиб олинади.

Жараён самарадорлигига таъсир қилувчи омиллар:

- ҳарорат,
- босим,
- адсорбент зарралари ўлчами,
- газ тезлиги бевосита таъсир таъсир қилади.

ISSN 3030-3907

Тадқиқот усули. Тажрибалар лаборатория шароитида адсорбцион колоннада ўтказилди (1-жадвал).

Бошланғич маълумотлар:

Газ ҳажми; **1000 м³,**

Олтингугуртли бирикмалар:

1,87 %,

Талаб этилган натижа:

0,09 %.

1-жадвал

Қўлланилган реагентлар

Реагент	**Вазифаси**
Fe_2O_3	асосий адсорбент
Активланган кўмир	қўшимча адсорбент
Силика гел	намликни ушлаб қолиш
CaO	газни қуритиш

Ҳисоблаш қисми. Газ таркибидаги олтингугурт миқдори:

$1000 \times 1.87\% = 18.7\ m^3$

Тозалашдан кейин:

$1000 \times 0.09\% = 0.9\ m^3$

Ажратилган олтингугурт:

$18.7 - 0.9 = 17.8\ m^3$

Тозалаш самарадорлиги:

$\eta = 17.818.7 \times 100 = 95.18\%$

Экспериментал тадқиқотлар. Тажриба 3 марта ўтказилди ва тажриба натижалари умумлаштирилиб қуйидаги жадвалларда келтирилди:

1-тажриба

Параметр	**Қиймат**
Газ ҳажми	1000 м³
H_2S бошланғич	1.87 %
Fe_2O_3	50 кг
Натижа	0.13 %

ISSN 3030-3907

2-тажриба

Параметр	Қиймат
Газ ҳажми	1000 м³
H_2S бошланғич	1.87 %
Fe_2O_3	55 кг
Натижа	0.10 %

3-тажриба

Параметр	Қиймат
Газ ҳажми	1000 м³
H_2S бошланғич	1.87 %
Fe_2O_3	60 кг
Натижа	0.09 %

2-жадвал

Таққослаш жадвали

№	Fe_2O_3 (кг)	Бошланғич H_2S	Тозалангандан кейин
1	50	1.87 %	0.13 %
2	55	1.87 %	0.10 %

Натижалар таҳлили. Тажриба натижалари қуйидагиларни кўрсатди:

- адсорбент миқдори ошиши билан тозалаш даражаси ортади,
- 60 кг Fe_2O_3 энг юқори самарадорликни кўрсатди,
- тозалаш самарадорлиги 95 % дан юқори.

ХУЛОСА. Тадқиқот натижасига кўра:

- 1000 м³ газ таркибидаги 1,87 % олтингугуртли бирикмалар камайтирилди,
- тозалашдан кейин 0,09 % гача туширилди,
- тозалаш самарадорлиги 95 % ни ташкил этди,
- оптимал реагент миқдори 60 кг Fe_2O_3.

Бу технология табиий газни саноат миқёсида тозалаш учун самарали ҳисобланади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Абдуллаев Р.А., Каримов Ш.А. Табиий газни қайта ишлаш технологияси. – Тошкент: Фан ва технология, 2018. – 256 б.

ISSN 3030-3907

2. Ахмедов Қ.Х. Нефть ва газни тайёрлаш жараёнлари. – Тошкент: Ўқитувчи, 2016. – 198 б.
3. Speight J.G. Natural Gas: A Basic Handbook. – Houston: Gulf Professional Publishing, 2019. – 320 p.
4. Kohl A., Nielsen R. Gas Purification. 5th edition. – Houston: Gulf Publishing Company, 1997. – 1395 p.
5. Mokhatab S., Poe W., Speight J. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing. – USA: Elsevier, 2015. – 550 p.
6. Gary J.H., Handwerk G.E. Petroleum Refining: Technology and Economics. – New York: Marcel Dekker, 2007. – 456 p.

ISSN 3030-3907

O‘LIM DARAJASIDAGI O‘ZGARISHLARNING PENSIYA TIZIMIGA TA'SIRI

Xayitboyeva Sanobar Muxtorbek qizi
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch Davlat Universiteti magistranti
E-mail: mukhtarbekovnasano@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada o‘lim darajasidagi o‘zgarishlarning pensiya tizimining barqarorligi va samaradorligiga ta’siri tahlil qilinadi. Tadqiqotda demografik jarayonlarning, xususan, umr ko‘rish davomiyligining ortishi hamda o‘lim darajasining pasayishi pensiya tizimi faoliyatiga qanday ta’sir ko‘rsatishi ilmiy jihatdan o‘rganilgan. Shuningdek, aholining qarish jarayoni, demografik yuklama koeffitsienti hamda pensiya tizimining moliyaviy barqarorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar tahlil qilingan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, o‘lim darajasining pasayishi pensionerlar sonining ortishiga va pensiya to‘lovlari davrining uzayishiga olib keladi, bu esa pensiya tizimining moliyaviy yukini oshiradi. Shu sababli demografik o‘zgarishlar sharoitida pensiya tizimini takomillashtirish, pensiya yoshini optimallashtirish hamda ko‘p pog‘onali pensiya tizimini rivojlantirish muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari pensiya siyosatini shakllantirishda demografik omillarni hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: demografiya, o‘lim darajasi, pensiya tizimi, umr ko‘rish davomiyligi, demografik qarish, iqtisodiy barqarorlik, ijtimoiy ta’minot, pensiya siyosati, demografik yuklama, pensiya islohotlari.

Аннотация. В данной статье анализируется влияние изменений уровня смертности на устойчивость и эффективность пенсионной системы. В исследовании рассматривается влияние демографических процессов, в частности увеличения продолжительности жизни и снижения уровня смертности, на функционирование пенсионной системы. Также анализируются процессы старения населения, демографическая нагрузка и основные факторы, влияющие на финансовую устойчивость пенсионной системы. Результаты исследования показывают, что снижение уровня смертности приводит к увеличению числа пенсионеров и продолжительности получения пенсионных выплат, что повышает финансовую нагрузку на пенсионную систему. В связи с этим в условиях демографических изменений особое значение приобретает совершенствование пенсионной системы, оптимизация пенсионного возраста и развитие многоуровневой пенсионной системы. Полученные результаты подчеркивают необходимость учета демографических факторов при формировании государственной пенсионной

ISSN 3030-3907

политики и обеспечении долгосрочной устойчивости системы социального обеспечения.

Ключевые слова: демография, уровень смертности, пенсионная система, продолжительность жизни, старение населения, экономическая устойчивость, социальное обеспечение, пенсионная политика, демографическая нагрузка, пенсионные реформы.

Abstract. This article analyzes the impact of changes in mortality rates on the stability and effectiveness of the pension system. The study examines how demographic processes, particularly increasing life expectancy and declining mortality rates, influence the functioning of pension systems. In addition, the paper analyzes population aging, the demographic dependency ratio, and the key factors affecting the financial sustainability of pension systems. The results indicate that declining mortality rates lead to an increase in the number of pension beneficiaries and extend the duration of pension payments, thereby increasing the financial burden on pension funds. Therefore, under conditions of demographic change, improving the pension system, optimizing the retirement age, and developing a multi-pillar pension system become essential policy measures. The findings highlight the importance of considering demographic trends in shaping pension policies and ensuring the long-term sustainability of social protection systems.

Keywords: demography, mortality rate, pension system, life expectancy, population aging, economic sustainability, social protection, pension policy, dependency ratio, pension reforms.

KIRISH.

Aholi demografik tuzilmasining o‘zgarishi zamonaviy ijtimoiy-iqtisodiy tizimlarning barqaror rivojlanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadigan muhim omillardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, tug‘ilish darajasi, umr ko‘rish davomiyligi hamda o‘lim darajasidagi o‘zgarishlar jamiyatning iqtisodiy va ijtimoiy institutlari faoliyatiga bevosita ta’sir qiladi. Ushbu jarayonlar ichida o‘lim darajasining pasayishi yoki o‘zgarishi davlatlarning ijtimoiy ta’minot tizimlarida, xususan, pensiya tizimlarida muhim o‘zgarishlarni keltirib chiqaradi. Pensiya tizimi esa aholining keksalik davrida ijtimoiy himoyasini ta’minlash, daromad barqarorligini saqlash hamda ijtimoiy adolatni ta’minlashda muhim mexanizm hisoblanadi. Shu sababli demografik jarayonlarning pensiya tizimiga ta’sirini o‘rganish dolzarb ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. So‘nggi o‘n yilliklarda dunyoning ko‘plab mamlakatlarida tibbiyotning rivojlanishi, turmush sharoitining yaxshilanishi, sanitariya-gigiyena darajasining oshishi va sog‘liqni saqlash tizimining takomillashuvi natijasida o‘lim darajasi sezilarli darajada kamaydi. Natijada aholining o‘rtacha umr ko‘rish davomiyligi ortib bormoqda. Bu jarayon

ISSN 3030-3907

demografik qarish fenomenining kuchayishiga olib kelmoqda. Demografik qarish esa pensiya tizimiga ikki tomonlama bosim ko‘rsatadi: bir tomondan, pensiya oluvchilar soni ortadi, ikkinchi tomondan esa faol mehnat qiluvchi aholining ulushi kamayib boradi. Natijada pensiya tizimining moliyaviy barqarorligini ta’minlash masalasi murakkablashadi.

Pensiya tizimining barqarorligi ko‘p jihatdan demografik ko‘rsatkichlarga bog‘liq bo‘lib, ular orasida o‘lim darajasi muhim rol o‘ynaydi. Agar o‘lim darajasi pasaysa va odamlar uzoq umr ko‘rsa, bu pensiya to‘lovlari davrining uzayishiga olib keladi. Natijada davlat byudjeti yoki pensiya jamg‘armalariga tushadigan moliyaviy yuk ortadi. Aksincha, o‘lim darajasi yuqori bo‘lgan sharoitlarda pensiya tizimiga tushadigan bosim nisbatan kamroq bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ham demografik o‘zgarishlarning pensiya tizimi bilan o‘zaro bog‘liqligini chuqur tahlil qilish davlat siyosatini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega. Hozirgi global demografik tendensiyalar shuni ko‘rsatmoqdaki, ko‘plab rivojlangan va rivojlanayotgan mamlakatlarda aholi qarish jarayoni tezlashmoqda. Birlashgan Millatlar Tashkiloti va boshqa xalqaro tashkilotlarning prognozlariga ko‘ra, kelajakda keksalar ulushi yanada ortadi. Bu esa mavjud pensiya tizimlarining moliyaviy barqarorligi va samaradorligini qayta ko‘rib chiqishni talab etadi. Ayniqsa, “taqsimlovchi” (pay-as-you-go) pensiya tizimiga ega mamlakatlarda demografik o‘zgarishlarning ta’siri yanada sezilarli bo‘ladi, chunki bu tizimlarda pensiya to‘lovlari asosan hozirgi mehnat qilayotgan aholining badallari hisobiga moliyalashtiriladi.

O‘zbekiston sharoitida ham demografik jarayonlar pensiya tizimi rivojlanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. So‘nggi yillarda mamlakatda o‘rtacha umr ko‘rish davomiyligi oshib borayotgani, tibbiyot xizmatlari sifatining yaxshilanayotgani hamda aholi sonining o‘sishi demografik tuzilmaning asta-sekin o‘zgarishiga olib kelmoqda. Bu jarayonlar kelajakda pensiya tizimining moliyaviy barqarorligi, pensiya yoshining optimal darajasi hamda pensiya ta’minotining samaradorligini ta’minlash masalalarini yanada dolzarb qilib qo‘ymoqda. Shu nuqtai nazardan, o‘lim darajasidagi o‘zgarishlarning pensiya tizimiga ta’sirini ilmiy jihatdan tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Bunday tahlil pensiya tizimining barqarorligini ta’minlash, demografik xavflarni oldindan baholash va samarali ijtimoiy siyosat choralarini ishlab chiqishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur maqolada o‘lim darajasidagi o‘zgarishlarning pensiya tizimiga ta’siri nazariy va amaliy jihatdan o‘rganilib, demografik omillarning pensiya tizimi barqarorligiga ta’siri tahlil qilinadi. Shuningdek, demografik o‘zgarishlar sharoitida pensiya tizimini takomillashtirishning asosiy yo‘nalishlari ham ko‘rib chiqiladi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR TAHLILI. Pensiya tizimlarining barqarorligi va samaradorligini o‘rganishda demografik omillarning roli iqtisodiy adabiyotlarda keng yoritilgan. Ayniqsa, tug‘ilish darajasi, o‘lim darajasi va umr ko‘rish davomiyligining o‘zgarishi pensiya tizimining moliyaviy barqarorligiga qanday ta’sir ko‘rsatishi masalasi ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan o‘rganilgan. Demografik jarayonlar va pensiya tizimlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilgan ilmiy ishlar shuni ko‘rsatadiki, o‘lim darajasining pasayishi va umr ko‘rish davomiyligining oshishi pensiya tizimlari uchun yangi iqtisodiy va institutsional muammolarni yuzaga keltiradi. Iqtisodiy nazariyada pensiya tizimlarining demografik omillarga bog‘liqligini ilk bor chuqur o‘rgangan olimlardan biri Samuelson (1958) hisoblanadi. U “overlapping generations” modeli asosida pensiya tizimlarining ishlash mexanizmini tahlil qilib, avlodlar o‘rtasidagi moliyaviy muvozanat masalasiga e’tibor qaratgan. Samuelsonning tadqiqotlariga ko‘ra, taqsimlovchi pensiya tizimlari aholining yosh tarkibi va demografik dinamikasiga juda sezgir bo‘lib, demografik muvozanat buzilgan holatlarda tizim moliyaviy qiyinchiliklarga duch kelishi mumkin.

Keyingi tadqiqotlarda Aaron (1966) pensiya tizimlarining barqarorligini iqtisodiy o‘sish va demografik o‘sish bilan bog‘liq holda tahlil qilgan. U pensiya tizimining samaradorligi aholining o‘sish sur’ati hamda ishchi kuchining kengayishiga bog‘liqligini ta’kidlaydi. Agar demografik o‘sish sekinlashsa yoki o‘lim darajasi pasayib, keksalar ulushi ortsa, pensiya tizimida moliyaviy bosim kuchayadi. Bu fikr keyinchalik ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan qo‘llab-quvvatlangan. Demografik qarish va umr ko‘rish davomiyligining ortishi masalasini chuqur o‘rgangan olimlardan biri Bloom, Canning va Fink (2010) hisoblanadi. Ularning tadqiqotlarida aholining qarishi iqtisodiy rivojlanishga ikki xil yo‘nalishda ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi ta’kidlanadi. Bir tomondan, keksalar ulushining ortishi ijtimoiy xarajatlarni oshiradi, ayniqsa pensiya va sog‘liqni saqlash tizimlariga bosim kuchayadi. Ikkinchi tomondan esa, uzoq umr ko‘rish inson kapitaliga investitsiyalarni oshirishga ham turtki berishi mumkin.

Barr va Diamond (2008) o‘z tadqiqotlarida zamonaviy pensiya tizimlarini tahlil qilib, demografik o‘zgarishlar sharoitida pensiya tizimini isloh qilish zarurligini asoslab bergan. Ularning fikricha, o‘lim darajasi pasayib, umr ko‘rish davomiyligi oshgan sharoitda an’anaviy pensiya tizimlari o‘z-o‘zidan barqaror ishlay olmaydi. Shu sababli pensiya yoshini bosqichma-bosqich oshirish, majburiy jamg‘arib boriladigan pensiya tizimlarini rivojlantirish hamda pensiya tizimining moliyaviy asoslarini mustahkamlash zarur. Shuningdek, Holzmann va Hinz (2005) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda pensiya tizimining barqarorligini ta’minlash uchun ko‘p pog‘onali pensiya tizimini joriy etish taklif etilgan. Ular davlat

ISSN 3030-3907

pensiyasi, majburiy jamg‘arib boriladigan pensiya tizimi va ixtiyoriy pensiya jamg‘armalarini o‘z ichiga olgan tizim demografik xavflarni kamaytirishga yordam berishini ta’kidlaydilar. Bu yondashuv ko‘plab mamlakatlarda pensiya tizimini isloh qilishda qo‘llanilmoqda.

Demografik jarayonlarning pensiya tizimiga ta’sirini empirik jihatdan tahlil qilgan tadqiqotlar ham mavjud. Masalan, Lee va Mason (2011) milliy transfert hisoblari asosida aholining yosh tarkibi va iqtisodiy resurslar o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganib, demografik qarish jarayoni davlat byudjeti va ijtimoiy ta’minot tizimlariga katta ta’sir ko‘rsatishini aniqlagan. Ularning tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, umr ko‘rish davomiyligining ortishi pensiya to‘lovlari davrini uzaytiradi va bu holat pensiya tizimining moliyaviy barqarorligini qayta ko‘rib chiqishni talab etadi. Xalqaro tashkilotlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlar ham ushbu masalaning dolzarbligini tasdiqlaydi. Jahon banki (World Bank) hamda OECD hisobotlarida demografik qarish va umr ko‘rish davomiyligining ortishi pensiya tizimlarining eng muhim muammolaridan biri sifatida qayd etilgan. Ularning tavsiyalariga ko‘ra, pensiya tizimini uzoq muddatli barqarorligini ta’minlash uchun pensiya yoshini demografik o‘zgarishlarga mos ravishda qayta ko‘rib chiqish, mehnat bozorida keksalar ishtirokini rag‘batlantirish hamda pensiya tizimining moliyaviy mexanizmlarini diversifikatsiya qilish zarur.

Mahalliy va mintaqaviy tadqiqotlarda ham demografik omillar va pensiya tizimi o‘rtasidagi bog‘liqlik o‘rganilgan. Markaziy Osiyo mamlakatlari uchun olib borilgan ilmiy izlanishlarda aholining yosh tarkibi va umr ko‘rish davomiyligidagi o‘zgarishlar kelajakda pensiya tizimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi ta’kidlanadi. Ayniqsa, iqtisodiy rivojlanish, mehnat migratsiyasi va demografik o‘zgarishlar pensiya tizimining moliyaviy barqarorligini ta’minlashda muhim omil sifatida qaraladi. Umuman olganda, mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, o‘lim darajasidagi o‘zgarishlar pensiya tizimining barqarorligi va samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. O‘lim darajasining pasayishi va umr ko‘rish davomiyligining ortishi pensiya tizimining moliyaviy yukini oshiradi hamda yangi institutsional islohotlarni talab qiladi. Shu sababli demografik jarayonlarning pensiya tizimiga ta’sirini chuqur o‘rganish va ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqish zamonaviy iqtisodiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Demografik jarayonlarning pensiya tizimiga ta’siri zamonaviy iqtisodiy siyosatning eng muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Xususan, o‘lim darajasidagi o‘zgarishlar pensiya tizimining moliyaviy barqarorligi, to‘lovlar davomiyligi hamda tizimning uzoq muddatli samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki,

ISSN 3030-3907

o‘lim darajasining pasayishi va umr ko‘rish davomiyligining ortishi pensiya tizimi uchun bir qator yangi iqtisodiy va institutsional muammolarni yuzaga keltiradi. O‘lim darajasining pasayishi aholining o‘rtacha umr ko‘rish davomiyligini oshiradi. Bu esa pensiya yoshiga yetgan shaxslarning pensiya olish davrini uzaytiradi. Natijada pensiya jamg‘armalaridan amalga oshiriladigan to‘lovlar hajmi ortadi. Agar pensiya tizimi asosan taqsimlovchi (pay-as-you-go) mexanizmga asoslangan bo‘lsa, bunday vaziyat tizimning moliyaviy barqarorligiga sezilarli bosim o‘tkazadi. Chunki bu tizimda hozirgi ishlayotgan aholining badallari orqali pensionerlarga to‘lovlar amalga oshiriladi. Agar pensionerlar soni tezroq o‘sib, mehnatga layoqatli aholining ulushi kamayib borsa, tizimda moliyaviy nomutanosiblik yuzaga kelishi mumkin.

Demografik qarish jarayoni pensiya tizimida “demografik yuklama koeffitsienti”ning oshishiga olib keladi. Bu ko‘rsatkich mehnatga layoqatli aholining bir nafar pensionerga to‘g‘ri keladigan ulushini ifodalaydi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, umr ko‘rish davomiyligi ortib borayotgan mamlakatlarda ushbu ko‘rsatkich asta-sekin kamayib bormoqda, ya’ni bir pensionerni ta’minlash uchun kamroq ishlovchi aholi hissasi mavjud bo‘lmoqda. Natijada pensiya tizimining moliyaviy yuklamasi ortadi va davlat byudjeti qo‘shimcha mablag‘lar ajratishga majbur bo‘ladi. O‘lim darajasining pasayishi pensiya tizimi parametrlarini qayta ko‘rib chiqishni talab qiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, pensiya yoshini demografik o‘zgarishlarga mos ravishda moslashtirish pensiya tizimining barqarorligini ta’minlashda muhim omil hisoblanadi. Ko‘plab rivojlangan mamlakatlar aynan umr ko‘rish davomiyligining ortishini inobatga olib, pensiya yoshini bosqichma-bosqich oshirish siyosatini amalga oshirmoqda. Bu esa pensiya tizimining moliyaviy barqarorligini saqlashga yordam beradi.

O‘lim darajasidagi o‘zgarishlar pensiya tizimi strukturasi va moliyaviy mexanizmlarini diversifikatsiya qilish zaruratini yuzaga keltiradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, faqat davlat tomonidan moliyalashtiriladigan pensiya tizimi demografik xavflarga nisbatan sezgir bo‘lib qoladi. Shu sababli ko‘plab mamlakatlarda ko‘p pog‘onali pensiya tizimi joriy etilmoqda. Bunday tizim davlat pensiyasi, majburiy jamg‘arib boriladigan pensiya tizimi hamda ixtiyoriy pensiya jamg‘armalaridan iborat bo‘ladi. Bu esa demografik o‘zgarishlarning salbiy ta’sirini kamaytirishga xizmat qiladi. O‘lim darajasining pasayishi mehnat bozoriga ham bilvosita ta’sir ko‘rsatadi. Agar keksalar uzoq umr ko‘rsa va sog‘lom bo‘lsa, ularning mehnat faoliyatini davom ettirish imkoniyati ortadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, mehnat bozorida katta yoshdagi aholi ishtirokini rag‘batlantirish pensiya tizimining moliyaviy barqarorligini mustahkamlashga yordam beradi. Shu sababli ko‘plab mamlakatlarda faol qarish siyosati (active

ISSN 3030-3907

ageing policy) joriy etilib, keksalarning iqtisodiy faoliyatini qo‘llab-quvvatlash choralari amalga oshirilmoqda.

O‘zbekiston sharoitida ham demografik jarayonlarning pensiya tizimiga ta’siri muhim ahamiyatga ega. So‘nggi yillarda mamlakatda o‘rtacha umr ko‘rish davomiyligi ortib bormoqda va sog‘liqni saqlash tizimining rivojlanishi natijasida o‘lim darajasi asta-sekin kamaymoqda. Bu esa kelajakda pensiya tizimi uchun qo‘shimcha moliyaviy majburiyatlarni yuzaga keltirishi mumkin. Shu sababli pensiya tizimini uzoq muddatli istiqbolda barqaror rivojlantirish uchun demografik prognozlarni inobatga olgan holda tizim parametrlarini takomillashtirish zarur. Umuman olganda, tadqiqot muhokamasi shuni ko‘rsatadiki, o‘lim darajasidagi o‘zgarishlar pensiya tizimining barqarorligi va samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Demografik qarish jarayoni kuchayib borayotgan sharoitda pensiya tizimini isloh qilish, uning moliyaviy asoslarini mustahkamlash hamda demografik omillarni hisobga olgan holda yangi institutsional mexanizmlarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa nafaqat pensiya tizimining barqarorligini ta’minlash, balki aholining keksalik davrida ijtimoiy himoyasini mustahkamlashga ham xizmat qiladi.

XULOSA. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘lim darajasidagi o‘zgarishlar pensiya tizimining barqarorligi va samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadigan muhim demografik omil hisoblanadi. O‘lim darajasining pasayishi va umr ko‘rish davomiyligining ortishi natijasida aholining yosh tarkibida keksalar ulushi ortib boradi. Bu esa pensiya tizimiga tushadigan moliyaviy yukni oshiradi hamda pensiya to‘lovlari davrining uzayishiga olib keladi. Natijada, ayniqsa taqsimlovchi pensiya tizimiga ega mamlakatlarda moliyaviy muvozanatni ta’minlash masalasi yanada murakkablashadi. Tadqiqot davomida aniqlanishicha, demografik o‘zgarishlar sharoitida pensiya tizimining uzoq muddatli barqarorligini ta’minlash uchun tizim parametrlarini zamonaviy demografik tendensiyalarga mos ravishda takomillashtirish zarur. Xususan, pensiya yoshini bosqichma-bosqich qayta ko‘rib chiqish, ko‘p pog‘onali pensiya tizimini rivojlantirish hamda mehnat bozorida katta yoshdagi aholining ishtirokini rag‘batlantirish muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, demografik prognozlar asosida pensiya siyosatini shakllantirish kelajakda tizimning moliyaviy barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Aaron, H. J. (1966). The social insurance paradox. The Canadian Journal of Economics and Political Science, 32(3), 371–374. https://doi.org/10.2307/139995
2. Barr, N., & Diamond, P. (2008). Reforming pensions: Principles and policy choices. Oxford University Press.

ISSN 3030-3907

3. Bloom, D. E., Canning, D., & Fink, G. (2010). Implications of population ageing for economic growth. Oxford Review of Economic Policy, 26(4), 583–612. https://doi.org/10.1093/oxrep/grq038
4. Holzmann, R., & Hinz, R. (2005). Old-age income support in the 21st century: An international perspective on pension systems and reform. World Bank.
5. Lee, R., & Mason, A. (2011). Population aging and the generational economy: A global perspective. Edward Elgar Publishing.
6. OECD. (2019). Pensions at a glance 2019: OECD and G20 indicators. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/b6d3dcfc-en
7. Samuelson, P. A. (1958). An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money. Journal of Political Economy, 66(6), 467–482. https://doi.org/10.1086/258100
8. United Nations. (2022). World population prospects 2022: Summary of results. United Nations Department of Economic and Social Affairs.
9. World Bank. (2018). The state of social safety nets 2018. World Bank Publications. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1254-5

ISSN 3030-3907

IQLIM OMILLARINING QUYOSH FOTOELEKTRIK MODULLARINING SAMARADORLIGIGA TA’SIRI

Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich
QarDTU, Energetika muhandisligi kafedrasi professori, t.f.d (DSc)
Qodirov Jobir Ro‘zimamatovich
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi dotsenti, t.f.f.d.(PhD)
Izomov Shahzod Niyoz o‘g‘li
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi doktoranti
Ismoilov Og‘abek Farhod o‘g‘li
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi magistranti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida quyosh fotoelektrik (PV) modullarining ishlash samaradorligiga atrof-muhit omillarining, xususan chang zarrachalari hamda meteorologik sharoitlarning ta’siri tahlil qilingan. So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo‘lgan talabning ortishi natijasida PV texnologiyalari dunyo energetika tizimida muhim o‘rin egallamoqda. Biroq PV modullarining samaradorligi tashqi muhit omillariga sezilarli darajada bog‘liq bo‘lib, ayniqsa qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda chang bilan ifloslanish muammosi dolzarb hisoblanadi. Tadqiqotlarda chang zarrachalarining PV modullari yuzasida to‘planishi quyosh nurlanishining o‘tishini kamaytirishi, natijada elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini pasaytirishi aniqlangan. Shuningdek, shamol tezligi, havo harorati va nisbiy namlik kabi meteorologik omillar PV modullarining issiqlik rejimi va energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqot natijalari PV tizimlarining samaradorligini oshirish uchun meteorologik omillarni hisobga olish, chang bilan ifloslanishni kamaytirish hamda samarali tozalash strategiyalarini ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Quyosh fotoelektr modullari, qayta tiklanuvchi energiya, chang zarrachalari, meteorologik omillar, quyosh energiyasi, shamol tezligi, havo harorati, nisbiy namlik, energiya samaradorligi, fotoelektr tizimlari.

Annotation. This study investigates the impact of environmental factors, particularly dust particles and meteorological conditions, on the performance efficiency of photovoltaic (PV) modules. In recent years, the growing demand for renewable energy sources has significantly increased the global deployment of PV technologies. However, the efficiency of PV systems is strongly influenced by environmental conditions, especially in arid and semi-arid regions where dust

ISSN 3030-3907

accumulation on module surfaces becomes a critical issue. Dust deposition on PV panels reduces solar radiation transmission and leads to significant losses in electrical energy production. In addition to dust, meteorological parameters such as wind speed, ambient temperature, and relative humidity play an important role in determining the thermal behavior and operational performance of PV modules. The analysis shows that these environmental factors can significantly affect the output power and long-term reliability of PV systems. The findings highlight the importance of considering environmental conditions, improving cleaning strategies, and optimizing PV system operation to enhance energy production efficiency.

Keywords: Solar photovoltaic modules, renewable energy, dust particles, meteorological factors, solar energy, wind speed, air temperature, relative humidity, energy efficiency, photovoltaic systems.

Аннотация. В данной работе исследуется влияние факторов окружающей среды, в частности пылевых частиц и метеорологических условий, на эффективность работы фотоэлектрических (PV) модулей. В последние годы рост спроса на возобновляемые источники энергии привёл к широкому распространению солнечных фотоэлектрических технологий во всём мире. Однако эффективность PV систем в значительной степени зависит от внешних условий окружающей среды, особенно в засушливых и полузасушливых регионах, где накопление пыли на поверхности модулей становится серьёзной проблемой. Осаждение пыли на поверхности PV модулей снижает пропускание солнечного излучения и приводит к уменьшению выработки электрической энергии. Кроме того, такие метеорологические параметры, как скорость ветра, температура воздуха и относительная влажность, оказывают существенное влияние на тепловой режим и производительность PV модулей. Полученные результаты показывают важность учёта климатических факторов, разработки эффективных методов очистки и оптимизации эксплуатации PV систем.

Ключевые слова: солнечные фотоэлектрические модули, возобновляемая энергия, частицы пыли, метеорологические факторы, солнечная энергия, скорость ветра, температура воздуха, относительная влажность, энергоэффективность, фотоэлектрические системы.

KIRISH.

Jahon miqyosida energiyaga bo‘lgan talab va iste’molning keskin ortib borishi, an’anaviy yoqilg‘ilardan foydalanish natijasida issiqxona gazlarining ko‘payishi hamda an’anaviy yoqilg‘i resurslarining cheklanganligi qayta tiklanuvchi va ekologik xavfsiz energiya manbalarini izlash jarayonini

ISSN 3030-3907

jadallashtirmoqda [1]. Ushbu yo‘nalishda quyosh fotoelektrik modullari (PV) yetakchi o‘rin egallab, barqaror va samarali elektr energiyasi ishlab chiqarishni ta’minlashga qaratilgan asosiy yo‘nalishlardan biriga aylandi [2]. 2010-2019 yillar oralig‘ida PV energiyasini ishlab chiqarish xarajatlarining 82% ga kamayishi ushbu texnologiyaning jahon bo‘yicha jadal tarqalishiga olib keldi [3]. O‘rnatilgan PV quvvati 2000-yildagi 1,3 GVt darajasidan 2019-yil oxiriga kelib 627 GVt ga yetdi [4]. Ushbu o‘sish tendensiyasi 2020-yillarda ham davom etib, 2023-yilda jahon bo‘yicha taxminan 350 GVt yangi PV quvvati ishga tushirildi, bu 2022-yilga nisbatan qariyb 50% o‘sishni anglatadi. Renewables Global Status Report 2025 (Qayta tiklanadigan energiya manbalarining dunyo holati to‘g‘risidagi hisobot 2025) ma’lumotlariga ko‘ra, 2024 yilda PVlarning umumiy o‘rnatilgan quvvati 2,25 TW ga yetdi, bu 2022-yildagi o‘rnatilgan quvvatdan deyarli ikki baravar ko‘p [5]. Bundan tashqari, PV bozorining jadal o‘sishi 2025 yilda ham davom etgan. Global PV sanoatining birinchi yarmida taxminan 380 GW yangi PV quvvati qo‘shilgan, bu esa 2024 yilning mos davriga nisbatan 64% ga yuqoridir [6].

O‘zbekistonda ham quyosh energiyasi bo‘yicha sezilarli o‘sish kuzatilib, global tendensiyalarga mos ravishda quyosh PV texnologiyalari hukmron energiya strategiyasining muhim qismiga aylanmoqda. Mamlakat hukumati yashil energiya strategiyasini kengaytirish orqali qayta tiklanuvchi manbalarni joriy etish bo‘yicha aniq maqsadlar qo‘ygan. Xususan, 2030-yilgacha qayta tiklanuvchi energiya ulushini mamlakat umumiy energiya balansida 54% ga yetkazish rejalashtirilgan bo‘lib, buning uchun 2030 gacha jami 21 GW qayta tiklanuvchi quvvat qurilishi maqsad qilingan [7]. 2025-yilda O‘zbekiston bo‘ylab faoliyat ko‘rsatayotgan 12 ta quyosh fotoelektr stansiyasi va 5 ta shamol elektr stansiyasining umumiy quvvati taxminan 4,6-4,7 GW ga yetdi. Ushbu texnologiyalar orqali 2025-yilda faqat quyosh va shamol energiyasi hisobidan 9 milliard kVt·soatga yaqin “yashil” elektr energiyasi ishlab chiqarilgan va ushbu qiymat umumiy energiya ishlab chiqarishning 23% ni tashkil etgan [8].

Dunyo va mamlakatimiz miqyosida PV texnologiyalari XXI asrning eng istiqbolli va ishonchli energiya manbalaridan biri sifatida e’tirof etilayotgan bir sharoitda, ushbu tizimlarning uzoq muddatli ishlash samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan omillarni aniqlash va bartaraf etishga bo‘lgan ilmiy e’tibor tobora kuchayib bormoqda. Xususan, ekologik sharoitlar PV tizimlarining samaradorligi va ishonchliligiga sezilarli muammolar tug‘dirmoqda [9]. Bunday omillar qatoriga chang [10], shamol tezligi, harorat tebranishlari va havoning namligi kabi meteorologik sharoitlarni kiritish mumkin [11]. Ma’lumki, chang quyosh nurlarining PV elementlarga yetib borishini cheklab, elektr energiyasi ishlab chiqarish hajmini kamaytiradi. Samaradorlikning pasayish darajasi chang

ISSN 3030-3907

zarrachalarning turi, o‘lchami va zichligiga, shuningdek shamol tezligi, havo harorati va namligi kabi meteorologik omillarga bog‘liq bo‘lib, bu omillar chang zarrachalari to‘planishini kuchaytirishi yoki aksincha kamaytirishi mumkin. Chang atmosfera cho‘kindilarining eng keng tarqalgan turlaridan biri bo‘lib, ayniqsa qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda jiddiy muammo tug‘diradi. Bunday hududlarda tez-tez kuzatiladigan chang bo‘ronlari PV tizimlarida energiya ishlab chiqarishdagi yo‘qotishlarni 50% gacha yetkazishi mumkin [10]. Chang zarrachalari shamol tezligi va yo‘nalishining o‘zgarishi, havo namligi, chang bo‘ronlari, modul yuzasining sirt xususiyatlari, o‘rnatilish burchagi, tuproq turi, gravitatsiya hamda atrofdagi o‘simlik qoplami kabi omillar ta’sirida PV modullar yuzasida to‘planadi. Chang PV sirtining optik, issiqlik va elektr xususiyatlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [12]. Masalan, ayrim tadqiqotlar quyosh nurlanishining 450-500 nm spektral oralig‘ida kunlik samaradorlik yo‘qotishlari 0,6% gacha yetishini ko‘rsatgan [13]. PV yuzalarida changning to‘planishi modul ustida soyalanish hosil qilib, elektr energiyasi ishlab chiqarishni sezilarli darajada kamaytiradi [14]. Masalan, Kazem va Chaichanlarning [15] tadqiqot ishida Ummonning turli hududlarida joylashgan oltita PV massivida tok, kuchlanish va quvvat ko‘rsatkichlari o‘lchangan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, PV yuzalarida uchraydigan eng xavfli ifloslantiruvchilar elektr stansiyalari mo‘rilaridan chiqadigan yonish mahsulotlari, sanoat korxonalaridagi eritish jarayonlari va avtomobil transportidan kelib chiqadigan zarrachalardir. Bunday ifloslanish energiya ishlab chiqarishni 55% gacha kamaytirishi mumkinligi aniqlangan. Yaqinda o‘tkazilgan boshqa bir tadqiqotda kul, qum va sement changi kabi turli xil chang turlarining PV modullari samaradorligiga ta’siri baholangan. Natijalarga ko‘ra, quruq sharoitda kul eng kuchli salbiy ta’sir ko‘rsatib, samaradorlikni 24,5% gacha pasaytirgan [16]. Gholami va boshqalar [17] Eronning Isfahon shahrida 70 kun davom etgan tajriba asosida changning shisha yuzalarining optik o‘tkazuvchanligiga ta’sirini tadqiq qilgan. Tajriba davomida changning sirt zichligi shimoli-g‘arb tomonga 90° burchak ostida yo‘naltirilgan yuzalarda 4,0599 g/m^2 ni, shimol tomonga 15° qiyalikda joylashtirilgan yuzalarda esa 10,3129 g/m^2 ni tashkil etgan. Natijada shisha yuzalarining yorug‘lik o‘tkazuvchanligi mos ravishda 15% va 24,83% ga kamaygani aniqlangan.

Cho‘l hududlarida changni cho‘kish tezligi juda yuqori bo‘lib, atmosferadagi chang zarrachalari natijasida quyosh energiyasidan foydalanish darajasi taxminan 40% gacha kamayadi [18]. Saudiya Arabistonida olib borilgan tadqiqotlar chang bilan ifloslanish PV tizimlarining samaradorligiga sezilarli salbiy ta’sir ko‘rsatishini, tozalash amalga oshirilmagan holatda olti oy davomida quvvat yo‘qotishlari 50% gacha yetishi mumkinligi keltirilgan [19]. Xuddi shuningdek,

ISSN 3030-3907

Ummon sharoitida o‘tkazilgan tajribalar energiya ishlab chiqarish yo‘qotishlari oyiga 5,6% dan 10,8% gacha oraliqda ekanligi aniqlagan bo‘lib, bunda tozalash davriyligi hal qiluvchi omil ekani qayd etilgan. Bundan tashqari, changning fizik xususiyatlari-zarracha o‘lchami, kimyoviy tarkibi va geografik joylashuvi-samaradorlik pasayishining tezligi va darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, mayda zarrachalar quyosh nurlanishini kuchliroq sochilishiga olib kelib, samaradorlikni keskin pasaytiradi [20]. Chen va boshqalar [21] tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda chang zichligi bilan PV modullari samaradorligi o‘rtasida chiziqli bog‘liqlik mavjudligi aniqlanib, sirt zichligi 10 g/m^2 bo‘lgan chang qatlamining PVning maksimal quvvat chiqishini taxminan 34% ga kamaytirishi ko‘rsatilgan. Ushbu natijalar, ayniqsa ochiq va changga moyil hududlarda, changning PV tizimlari ishlashiga kuchli ta’sir ko‘rsatishini yaqqol namoyon etadi.

Khodakaram-Tafti va Yaghoubilar [22] tomonidan PVlarning qiyalik burchagi va ochiq muhitda turish vaqti chang to‘planishiga qanday ta’sir ko‘rsatishi tahlil qilingan. Natijalar kichik qiyalik burchaklari changning ko‘proq yig‘ilishiga sabab bo‘lishini ko‘rsatgan: xususan, dastlabki ikki hafta davomida 0° va 45° burchak ostida o‘rnatilgan panellar o‘rtasida chang miqdori bo‘yicha sezilarli farq kuzatilgan. Biroq vaqt o‘tishi bilan bu farq kamayib, taxminan 30 kundan so‘ng barqarorlashgan. Ushbu natijalar qiyalik burchagini to‘g‘ri tanlash chang bilan ifloslanish darajasini boshqarishda muhim ahamiyatga ega ekanini tasdiqlaydi. Ummon sharoitida bir necha oy davomida olib borilgan tadqiqot PVlarda chang to‘planishining ta’sirini o‘rgangan. Unga ko‘ra, diametri 0,3-1 mkm oralig‘idagi chang zarrachalari nurlanishni eng ko‘p kamaytirgan va sirt zichligi 50 g/m^2 bo‘lgan chang qatlamida quvvat chiqishi 42% ga pasaygan [19]. Shu bois, ayniqsa cho‘l hududlarida samaradorlik yo‘qotishlarini cheklash uchun PVlarni har 1-2 oyda bir marta tozalash tavsiya etiladi, maksimal interval esa 3 oydan oshmasligi lozim. Hachicha va boshqalarning [23] tadqiqotida 5 oydan ortiq davrda chang zichligi 5,44 g/m^2 ga oshganda chang tufayli yuzaga keladigan yo‘qotishlar 12,7% ga ortgani aniqlangan. Tadqiqotlar Birlashgan Arab Amirliklarining Sharja shahrida olib borilgan bo‘lib, unda o‘lchami 1,61-38,40 mkm oralig‘ida bo‘lgan turli shakldagi chang zarrachalari o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari chang zichligi bilan normallashtirilgan PV quvvati o‘rtasida chiziqli bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatgan: chang sirt zichligi har 1 g/m^2 ga ortganda quvvat taxminan 1,7% ga kamaygan. Chang zarrachalarining turi va xususiyatlariga bog‘liq holda ularning qisqa tutashuv toki, chiqish quvvati, quyosh nurlanishi va to‘ldirish koeffitsiyenti ga ta’siri Gupta va boshqalarning [24] ishida tahlil qilingan. Ushbu tadqiqotda mualliflar o‘lchami 5 mkm bo‘lgan uglerod zarrachalari 28 g/m^2 sirt zichligida ham qisqa tutashuv tokini sezilarli darajada kamaytirishini ko‘rsatgan, holbuki

ISSN 3030-3907

undan ancha yuqori zichliklarda bo‘lgan 10 mkm sement changi (73 g/m^2), 50 mkm ohaktosh changi (168 g/m^2), 60 mkm ohaktosh changi (240 g/m^2) yoki 80 mkm ohaktosh changi (275 g/m^2) bunday kuchli ta’sir ko‘rsatmagan. Shuningdek, diametri 1 mkm dan kichik bo‘lgan zarrachalar tezroq to‘planadi va sirtni ko‘proq soyalaydi, natijada samaradorlik yanada pasayadi. Bangladeshning Dakka shahrida o‘tkazilgan tadqiqotda to‘rt oy davomida chang to‘planishi qisqa tutashuv tokini 22,31% gacha kamaytirgani va quruq mavsumda maksimal energiya yo‘qotishlari 35% ga yetgani aniqlangan [25].

PVlarning ishlash sharoitiga ta’sir etuvchi eng muhim omillardan biri meteorologik sharoitlar bo‘lib, ular PVlarning ishlash samaradorligini belgilovchi muhim omillardan biridir. Shamol tezligi va yo‘nalishi, tashqi havo harorati va nisbiy namlik PVlarning ham qisqa muddatli, ham uzoq muddatli samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu omillar PVlarga yetib keladigan quyosh nurlanishi miqdorini o‘zgartirishi, shuningdek issiqlik, namlik va mexanik ta’sirlar orqali tizim holatiga ta’sir etishi mumkin. Shu sababli, turli iqlim sharoitlarida PVlarning samaradorligi va xizmat muddatini optimallashtirish uchun meteorologik omillarning ta’sirini chuqur tushunish va ularni kamaytirish bo‘yicha choralar ko‘rish muhim ahamiyatga ega. Shamol tezligi va yo‘nalishi PVlarning ishlashiga harorat rejimi, chang cho‘kishi va nisbiy namlik orqali sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tehron sharoitida o‘tkazilgan tadqiqotda [26] shamol tezligi 4,5-6,5 m/s oralig‘ida bo‘lganda changning to‘planishi kamayib, PV sirtining tozaligi yaxshilangani va natijada chiqish quvvati 12% gacha oshgani aniqlangan. Biroq shamol tezligi haddan tashqari yuqori bo‘lganda, mayda zarrachalarning qayta cho‘kishi kuchayib, shamol va ifloslanish o‘rtasida murakkab o‘zaro bog‘liqlik mavjudligi aniqlangan. Haroratga ta’siri nuqtayi nazaridan esa, boshqa bir tadqiqot cho‘l hududlarida shamol tezligi 6-13 m/s oralig‘ida bo‘lganda PV harorati 8°C dan ortiq pasayishini ko‘rsatgan. Ushbu sovitish effekti modul samaradorligini sezilarli darajada yaxshilab, shamolning PV ishlashidagi muhim omil ekanini tasdiqlaydi [27]. Shaik va boshqalar [9] ham shamol tezligi 12 m/s bo‘lganda Sloveniyada PV ish haroratining taxminan yarmiga pasayishi, Saudiya Arabistonida esa harorat 10°C ga kamayishini qayd etishgan. Zhe va boshqalar [28] tomonidan o‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, shamol ta’sirisiz holatda PVning o‘rtacha ish harorati 53,7°C ni tashkil etib, u o‘rtacha 42,42 W quvvat ishlab chiqargan. Shamol ta’siriga uchragan holatda esa PVning optimal ish harorati 49,5°C gacha pasayib, o‘rtacha chiqish quvvati 49,47 W ga yetgan. Ya’ni shamol ta’siri ish haroratini taxminan 4,2°C ga kamaytirib, quvvat ishlab chiqarishni 14,25% ga oshirgan. Elminshawy va boshqalar [29] tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlarda havo oqimi tezligining ortishi issiqlik ajralishini kuchaytirib, PV haroratini 8°C gacha pasaytirishi va

ISSN 3030-3907

natijada samaradorlikni sezilarli darajada oshirishi aniqlangan. Ali va boshqalar [30] tomonidan olib borilgan modellashtirish ishlarida shamol tezligi 5-15 m/s oralig‘ida bo‘lganda Sc-Si modullarining o‘rtacha harorati 42% gacha, Pc-Si modullarida esa 43% gacha pasayishini aniqlagan va bu PV tizimlarining ishlash samaradorligini oshirgan. Nguyen va Dolar [31] o‘tkazilgan tadqiqotda shamol tezligi 0,5 dan 6,5 m/s gacha oshirilganda PV hujayralar sirt harorati 84,8℃ dan 49,81℃ gacha pasaygani aniqlangan, bu esa yuqori shamol tezliklarining kuchli sovitish effektini yaqqol namoyon etgan. So‘nggi tadqiqotlar PV yuzasidan changni olib tashlash uchun zarur bo‘lgan shamol tezligi zarracha o‘lchami va sirt xususiyatlariga kuchli darajada bog‘liq ekanini ko‘rsatadi. Diametri 10 mkm dan kichik bo‘lgan mayda zarrachalarni samarali olib tashlash uchun shamol tezligi 25 m/s dan yuqori bo‘lishi talab etiladi, yirik zarrachalar esa ancha past tezliklarda ham sirt yuzasidan ajralib ketadi [32].

Ma’lumki, PV hujayralarning ish harorati ularning samaradorligi va energiya ishlab chiqarish hajmini belgilovchi eng muhim omillardan biridir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, PV haroratining har 1℃ ga ortishi samaradorlikni taxminan 0,5% ga kamayishiga olib keladi, bu esa issiqlikning ishlashga salbiy ta’sirini yaqqol namoyon etadi. Shu sababli, suv bilan sovitish kabi sovitish mexanizmlaridan foydalanish, ayniqsa yuqori tashqi haroratli hududlarda, elektr ishlab chiqarishni 52,6% gacha oshirishi mumkinligi aniqlangan [33]. Bundan tashqari, shamol tezligi ham PV modullari haroratini boshqarishda muhim rol o‘ynaydi. Tadqiqotlar shamol tezligi 6-15 m/s oralig‘ida bo‘lganda modul haroratining sezilarli pasayishini va natijada issiq iqlim sharoitida samaradorlik 10% gacha oshishini ko‘rsatgan [34]. Haroratning tebranishlari faqat energiyani aylantirish samaradorligiga emas, balki PVlarning ichki mexanik holatiga ham ta’sir qiladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, PV hujayralarning ish harorati ularning samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi: masalan, harorat 30℃ dan 64,7℃ gacha oshganda modul samaradorligi 15,27% dan 9,80% gacha pasayadi, bu esa haroratni boshqarish PV ishlashini saqlab qolishda hal qiluvchi omil ekanini ko‘rsatadi [35]. Polikristalli kremniy (Pc-Si) asosidagi PVlarning ishlashiga harorat tebranishlari sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqotlar PV harorati 25℃ dan 65℃ gacha oshganda issiqlik effektlari natijasida samaradorlik taxminan 10% ga kamayishini ko‘rsatgan. Bunga qarshi ilg‘or sovitish texnologiyalari, jumladan faza almashuvchi materiallar va issiqlik tarqatuvchi radiatorlardan foydalanish, modul haroratini 11,9℃ gacha pasaytirib, samaradorlikni 3,5% ga oshirish imkonini bergan [36]. Xitoyda olib borilgan kuzatuvlar ham shunga o‘xshash natijalarni ko‘rsatgan: yoz mavsumida harorat 14℃ dan 27℃ gacha oshganda va nisbiy namlik ko‘tarilganda Pc-Si panellarning ishlashi 5% ga pasaygan [37]. Bundan

ISSN 3030-3907

tashqari, ushbu texnologiyada harorat har 1℃ ga oshganda ochiq zanjir kuchlanishi taxminan 2 mV ga kamayishi, qisqa tutashuv toki esa atigi 0,05% ga oshishi aniqlangan [38]. Haroratning o‘zgarishi PVlarida maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT) jarayoniga ham kuchli ta’sir ko‘rsatadi, chunki harorat oshishi ochiq zanjir kuchlanishi va maksimal quvvat nuqtasidagi kuchlanishning manfiy harorat koeffitsiyenti sababli maksimal quvvatning pasayishiga olib keladi. Shu sababli, harorat sharoitlari o‘zgaruvchan bo‘lgan muhitlarda kuzatish aniqligini oshirish uchun takomillashtirilgan MPPT algoritmlari ishlab chiqilgan bo‘lib, ular quvvat yo‘qotishlarini kamaytiradi va moslashuv tezligini oshiradi [39]. Tadqiqotlar harorat har 1℃ ga oshganda quvvat chiqishi 0,5-0,65% gacha kamayishini ko‘rsatadi. Innovatsion yondashuvlardan biri haroratga asoslangan MPPT algoritmi bo‘lib, u haroratga bog‘liq optimal tok-kuchlanish xarakteristikasidan foydalanib maksimal quvvat nuqtasini an’anaviy algoritmlarga nisbatan barqarorroq va aniqroq kuzatishni ta’minlaydi [40]. Maghami va boshqalar [41] tomonidan turli harorat sharoitlarida PVning maksimal quvvat nuqtasining o‘zgarishi tajriba yo‘li bilan o‘rganilgan. Natijalarga ko‘ra, harorat oshishi bilan PV quvvati dastlab ortib borgan va bu maksimal quvvat nuqtasining siljishi bilan namoyon bo‘lgan hamda holat faqat modulning maksimal ish haroratigacha davom etgan. Haroratning PVlarida elektr energiyasi ishlab chiqarishga ta’siri tok va kuchlanishdagi o‘zgarishlar bilan bevosita bog‘liq. Harorat oshishi bilan PV hujayralarining energetik taqiqlangan zonasi torayadi, natijada ochiq zanjir kuchlanishi kamayadi va teskari to‘yinganlik toki ortadi, bu esa hujayraning umumiy samaradorligini pasaytiradi. Ushbu hodisa Sc-Si va Pc-Si texnologiyalarini o‘z ichiga olgan turli PV tizimlarida kuzatilgan bo‘lib, yuqori harorat sharoitida samaradorlik yo‘qotishlari 10-15% oralig‘ida bo‘lgani aniqlangan [42]. Harorat bilan chang cho‘kishi o‘rtasidagi bog‘liqlik PV tizimlari kontekstida keng o‘rganilgan. Yaqinda o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, PV yuzasi bilan atrof-muhit o‘rtasidagi haroratlar farqi tufayli yuzaga keladigan termoforez hodisasi submikron o‘lchamdagi chang zarrachalarining sirtga yopishishini kamaytiradi. PV harorati tashqi havo haroratidan bir necha daraja yuqori bo‘lganda termoforetik kuch hosil bo‘lib, panel yuzasiga yaqin hududda changsiz qatlam paydo bo‘ladi. Bu hodisa ayniqsa juda mayda zarrachalar uchun samarali bo‘lib, panelning tozaligini va ishlashini yaxshilaydi [43]. Shu bilan birga, atrof-muhit haroratining yuqori bo‘lishi PVning energiya aylantirish samaradorligini pasaytirsa-da, panel yuzasi bilan tashqi havo o‘rtasidagi sezilarli harorat farqi PV oynasida chang yig‘ilishini kamaytirishga yordam berishi ko‘plab tadqiqotlarda qayd etilgan [44].

ISSN 3030-3907

Namlikning PV chiqish quvvatiga bevosita ta’sirini yagona standart usulda aniqlash murakkab masala hisoblanadi. Masalan, tomchi shaklida kondensatsiya (shudring hosil bo‘lishi) ayrim hollarda PV hujayralarining ishlashini yaxshilashi mumkin, biroq shudring sirt bo‘ylab uzluksiz plyonka holida cho‘ksa, aksincha, samaradorlikni pasaytiradi [45]. Atmosferadagi namlik PV hujayralarining ishlashiga ma’lum darajada ta’sir ko‘rsatadi, ammo bu ta’sir odatda nisbatan kichik bo‘ladi. Biroq issiq va nam iqlim sharoitlarida namlik PV degradatsiyasini sezilarli tezlashtiradi. Tadqiqotlar yuqori namlik va haroratga uzoq muddatli ta’sir elektr ulanishlarida nosozliklar va yoriqlar paydo bo‘lishiga olib kelib, modul samaradorligini vaqt o‘tishi bilan 15% gacha kamaytirishini ko‘rsatgan [46]. Namlik va yog‘ingarchilikning PV energiya ishlab chiqarishga ta’siri keng o‘rganilgan. Masalan, Benin sharoitida o‘tkazilgan tadqiqot nisbiy namlikning (o‘rtacha 80,14%) PV samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishini va namlik bilan energiya ishlab chiqarish o‘rtasida -0,42 korrelyatsiya koeffitsiyenti mavjudligini ko‘rsatgan [47]. Xitoyning shimoli-g‘arbiy qurg‘oqchil hududlarida olib borilgan boshqa tadqiqotlar esa yog‘ingarchilik va namlikning PV ishlashiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini, yuqori yog‘ingarchilik va namlik kuzatiladigan hududlarda energiya ishlab chiqarishning sezilarli o‘zgaruvchanligini ko‘rsatgan [48]. Tripathi va boshqalar [49] tadqiqotida nisbiy namlik 65% dan 98% gacha oshganda PV panel chiqish quvvati 34,22% ga kamaygani aniqlangan bo‘lib, bu asosan quyosh nurlanishining kamayishi va chang zarrachalarining sirtga yopishishi kuchayishi bilan izohlangan. Nisbiy namlikning PV tizimlarida hosil bo‘ladigan tok va kuchlanishga ta’siri sezilarli bo‘lib, tizimning umumiy ishlashiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, nisbiy namlik oshishi bilan PV tizimlari ishlab chiqaradigan tok va kuchlanish miqdori kamayishga moyil bo‘ladi. Masalan, tajribaviy ma’lumotlarga ko‘ra, nisbiy namlik 65-75% oralig‘ida bo‘lganda, ayniqsa Pc-Si texnologiyasiga asoslangan PV tizimlarida chiqish toki va samaradorlik sezilarli pasayadi [50]. Namlikning PV hujayralarining asosiy tok-kuchlanish parametrlariga, xususan qisqa tutashuv toki va ochiq zanjir kuchlanishiga ta’siri ham sezilarli bo‘lib, tropik iqlim sharoitlarida yuqori harorat bilan birga kuzatiladigan nam muhit vaqt o‘tishi bilan qisqa tutashuv tokini 7,14% gacha, ochiq zanjir kuchlanishini esa 0,66% gacha kamaytirishi aniqlangan [51].

Xususan mamlakatimizda A.B. Safarov va O.I. Raxmatovlar [52] tomonidan olib borilgan tadqiqotda O‘zbekiston iqlim sharoitida PVlarining samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar-tashqi harorat, quyosh radiatsiyasi va changlanish darajasini tizimli ravishda tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari yuqori havo harorati va modul yuzasida chang qatlamining hosil bo‘lishi fotoelektrik konversiya samaradorligini sezilarli darajada pasaytirishini ko‘rsatgan. Shuningdek, ishda PV

ISSN 3030-3907

tizimlarini hududiy iqlim sharoitlariga mos ekspluatatsiya qilish zarurligi ta’kidlanadi. Biroq tadqiqotda uzoq muddatli monitoring natijalari keltirilmagan bo‘lib, bu tizimlarning vaqt o‘tishi bilan degradatsiyasini baholash imkonini cheklaydi. Bundan tashqari, iqtisodiy samaradorlik, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari va sovutish tizimlarining qoplash muddati chuqur tahlil qilinmagan. I.I. Raxmatov va boshqalar [53] tomonidan O‘zbekiston iqlim sharoitida 300 kW quvvatga ega tarmoqqa ulangan PVning ishlash samaradorligi real ekspluatatsiya ma’lumotlari asosida tahlil qilingan. Natijalar tashqi haroratning oshishi modul samaradorligining pasayishiga olib kelishini, yuqori quyosh radiatsiyasi esa bu salbiy ta’sirni qisman kompensatsiya qilishini ko‘rsatgan. Shuningdek, changlanish darajasi va atmosfera shaffofligining pasayishi yillik elektr ishlab chiqarish hajmiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Mualliflar tizim O‘zbekiston sharoitida texnik jihatdan barqaror va energetik jihatdan maqbul ekanini tasdiqlagan. Shu bilan birga, uzoq muddatli degradatsiya va ekspluatatsion xarajatlar masalasi yetarli darajada yoritilmagan. Toshov va boshqalar [54] tomonidan olib borilgan tadqiqotda O‘zbekiston iqlim sharoitida chang yig‘ilishi va yuqori haroratning PVlarining ishlashiga ta’siri sonli modellashtirish asosida baholangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, chang zichligi 10 g/m^2 ga yetganda optik o‘tkazuvchanlik 30% gacha kamayadi va maksimal quvvat 130 W dan 50 W gacha qiymatlarga pasayadi. Tadqiqot asosan simulyatsiyaga asoslangan bo‘lib, uzoq muddatli real dala tajribalari bilan yetarli darajada tasdiqlanmagan. Mamasaliev va boshqalar [55] tomonidan olib borilgan tadqiqotda O‘zbekistonning quruq va yarim quruq iqlim sharoitida changning PV samaradorligiga ta’siri modellashtirish va eksperimental ma’lumotlar asosida baholangan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, PV tozalanmagan holatda 3 oy davomida quvvat yo‘qotishi 25-40% gacha yetishi mumkinligi aniqlangan. Tadqiqot asosan Toshkent hududi sharoitlari bilan cheklangan bo‘lib, O‘zbekistonning boshqa mintaqalarida sinovlar o‘tkazilmagan. B. Khikmatov va boshqalar [56] Buxoro davlat universiteti hududida o‘rnatilgan 1210 kWp quvvatli tarmoqqa ulangan PV tizimi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotda tizimning real ekspluatatsion sharoitdagi ishlash ko‘rsatkichlari IEC 61724 standarti asosida baholangan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, yillik o‘rtacha Performance Ratio 65,15%, Capacity Utilization Factor esa 11,41% ni tashkil etgan bo‘lib, bu O‘zbekistonning issiq va quruq iqlim sharoitida yuqori harorat va changlanishning tizim samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, modul haroratining 45-47°C gacha ko‘tarilishi yoz oylarida termik yo‘qotishlarni kuchaytirib, samaradorlikning pasayishiga olib kelgani infraqizil termografiya yordamida. Tadqiqot natijalari faqat bitta ob’yekt misolida olingani sababli hududlararo umumlashtirish imkoniyati cheklangan, changlanish va

ISSN 3030-3907

sovitish omillari miqdoriy tajriba orqali alohida baholanmagan hamda iqtisodiy tahlilda sezgirlik hisobga olinmagan. Yuqoridagi tahlillar PV samaradorligining, ayniqsa harorat, changlanish, shamol tezligi va namlik kabi iqlim omillariga yuqori darajada sezgir ekanini ko‘rsatadi. Qurg‘oqchil va issiq hududlarda chang yig‘ilishi va yuqori ish harorati energiya ishlab chiqarishni 30-50% gacha kamaytirishi mumkin. Shu bilan birga, shamolning sovituvchi ta’siri va to‘g‘ri ekspluatatsiya rejimlari ushbu yo‘qotishlarni qisman kompensatsiya qilishi aniqlangan. O‘zbekiston sharoitida olib borilgan tadqiqotlar ham hududiy moslashgan texnik yechimlarga ehtiyoj mavjudligini tasdiqlaydi. Shu bois, PV samaradorligini barqarorlashtirish uchun suv yordamida tozalash va sovitish texnologiyalarini tahlil qilish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. H. Almukhtar, T.T. Lie, W.a.M. Al-Shohani, T. Anderson, Z. Al-Tameemi. Comprehensive review of dust properties and their influence on photovoltaic systems: electrical, optical, thermal models and experimentation techniques, Energies. (Basel) 16 (8), 2023:3401.

2. H.A. Kazem, M.T. Chaichan, A.H. Al-Waeli, K. Sopian. A review of dust accumulation and cleaning methods for solar photovoltaic systems, J. Clean. Prod. 276, 2020:123187.

3. K.A. Moharram, M.S. Abd-Elhady, H.A. Kandil, H. El-Sherif. Influence of cleaning using water and surfactants on the performance of photovoltaic panels. Energy Convers. Manag. 68, 2013. – p. 266-272.

4. A. Elnozahy, A.K.A. Rahman, A.H.H. Ali, M. Abdel-Salam, S. Ookawara. Performance of a PV module integrated with standalone building in hot arid areas as enhanced by surface cooling and cleaning. Energy Build. 88, 2015. – p. 100-109.

5. Y. Jiang, L. Lu, H. Lu. A novel model to estimate the cleaning frequency for dirty solar photovoltaic (PV) modules in desert environment. Sol. Energy 140, 2016. – p. 236-240.

6. C.D. Love, S.B. Shah, J.L. Grimes, D.W. Willits. Transpired solar collector duct for tempering air in North Carolina turkey brooder barn and swine nursery, Solar Energy 102, 2013. – p. 308-317.

7. M.R. Poole, S.B. Shah, J.L. Grimes, M.D. Boyette, L.F. Stikeleather. Evaluation of a novel, low-cost plastic solar air heater for turkey brooding, Energy Sustain. Dev./Energy Sustain. Dev. 45, 2018. – p. 1-10.

8. L. Yu, S.B. Shah, M.T. Knauer, M.D. Boyette, L.F. Stikeleather. Comprehensive evaluation of a landscape fabric based solar air heater in a pig nursery, Energies. (Basel) 14 (21), 2021:7258, https://doi.org/10.3390/en14217258.

ISSN 3030-3907

9. J. Zorrilla-Casanova, M. Piliougine, J. Carretero, P. Bernaola, P. Carpena, L. MoraLopez, M. Sidrach-de-Cardona. Analysis of dust losses in photovoltaic modules, 2011. – p. 2985-2992.
10. J. Tanesab, D. Parlevliet, J. Whale, T. Urmee. Dust effect and its economic analysis on PV modules deployed in a temperate climate zone. Energy Procedia 100, 2016. – p. 65-68.
11. B.R. Paudyal, S.R. Shakya. Dust accumulation effects on efficiency of solar PV modules for off grid purpose: a case study of Kathmandu. Sol. Energy 135, 2016. – p. 103-110.
12. S.K. Pathak, P.O. Sharma, V. Goel, S. Bhattacharyya, H. Aybar, J.P. Meyer. A detailed review on the performance of photovoltaic/thermal system using various cooling methods, Sustain. Energy Technol. Assessments 51 (2022), https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101844.
13. S. Nizetic, D. Coko, A. Yadav, F. Grubisic-Cabo. Water spray cooling technique applied on a PV panel: the performance response, Energy Convers. Manag. 108, 2016. – p. 287-296.
14. Z. Rostami, M. Rahimi, N. Azimi. Using high-frequency ultrasound waves and nanofluid for increasing the efficiency and cooling performance of a PV module, Energy Convers. Manag. 160, 2018. – p. 141-149.
15. C. Mah, B. Lim, C. Wong, M. Tan, K. Chong, A. Lai. Investigating the performance improvement of a photovoltaic system in a tropical climate using water cooling method, Energy Proc. 159, 2019. – p. 78-83.
16. P. Bevilacqua, R. Bruno, N. Arcuri. Comparing the performances of different cooling strategies to increase photovoltaic modules electric in different meteorological conditions, Energy (2020), https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.116950.
17. A. Hadipour, M.R. Zargarabadi, S. Rashidi. An efficient pulsed-spray water cooling system for photovoltaic panels: experimental study and cost analysis, Renew. Energy 164, 2021. – p. 867-875.
18. T. Chea, T. Deethayat, T. Kiatsiriroat, A. Asanakham. Experiment and model of a photovoltaic module with evaporative cooling, Results in Engineering 19, 2023:101290, https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101290.
19. Z.N. Soliyeva. O‘zbekiston iqlim sharoitlarida quyosh fotoelektrik modullariga sovutish tizimini joriy etish samaradorligini baholash. Yashil iqtisodiyot va taraqqiyot, Maxsus son, 2024. 281-287-betlar.
20. Ш.Н. Абилфайзиев, С.Ф. Тошпўлатов, Р.Н. Абилфайзиев. Фотоэлектрик батареяларни ҳаво ва сув ёрдамида совутишда энергия самарадорлиги таҳлиллари. Муқобил энергетика. 4 (07), 2022. 41-46-бетлар.

ISSN 3030-3907

21. M.N. Tursunov, H. Sabirov, R.B. Alikulov, T.Z. Akhtamov, U.R. Kholov, M.M. Eshmatov. Development and testing of various heat collector methods for cooling photovoltaic-thermal batteries. International Journal Of Transport And Technological Machines, 3, 2025.
22. K. Iwabuchi et al. Enhancing grid stability in PV systems: A novel ramp rate control method utilizing PV cooling technology, Appl. Energ. 378, 2025:124737.
23. H. Dirawi et al. Comprehensive performance analysis of a novel closed-loop hydronic cooling of photovoltaic panel with a controlled intermittent flow strategy, Renew. Energ. 239, 2025:122185.
24. Z. Said, F.F. Ahmad. Maximizing solar photovoltaic efficiency with Mist cooled sandwich bifacial panels under extreme hot climate conditions, Energy. Convers. Manag. 335, 2025:119865.
25. M.S. Tahir et al. Thermal management of photovoltaic systems: a comprehensive review of cooling strategies, Sol. Energ. 299, 2025:113811.
26. M. Abdolzadeh, M. Ameri. Improving the effectiveness of a photovoltaic water pumping system by spraying water over the front of photovoltaic cells, Renew. Energ. 34 (1), 2009. – p. 91-96.
27. Y. Zhao et al. Performance analysis of a solar photovoltaic power generation system with spray cooling, Case. Stud. Therm. Eng. 29, 2022:101723.
28. Y. Khan et al. Thermodynamic analysis and experimental investigation of the water spray cooling of photovoltaic solar panels, J. Therm. Anal. Calorim. 148 (12), 2023. – p. 5591-5602.
29. Q. Zhang et al. Modeling of a PV system by a back-mounted spray cooling section for performance improvement, Appl. Energy 332, 2023:120532.
30. H. Chen et al. Performance analysis of a high concentrating photovoltaic/thermal system with a water spray cooling device, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing, 2019.
31. J. Breitenbach, I.V. Roisman, C. Tropea. From drop impact physics to spray cooling models: a critical review, Exp. Fluids 59 (3), 2018:55.
32. A. Cebo-Rudnicka, Z. Malinowski, A. Buczek. The influence of selected parameters of spray cooling and thermal conductivity on heat transfer coefficient, Int. J. Therm. Sci. 110, 2016. – p. 52-64.
33. R.H. Chen, L.C. Chow, J.E. Navedo. Optimal spray characteristics in water spray cooling, Int. J. Heat. Mass. Transf. 47 (23), 2004. – p. 5095-5099.
34. G.E. Soriano, T. Zhang, J.L. Alvarado. Study of the effects of single and multiple periodic droplet impingements on liquid film heat transfer, Int. J. Heat. Mass. Transf. 77, 2014. – p. 449-463.

ISSN 3030-3907

35. H. Chen et al. Experimental study on optimal spray parameters of piezoelectric atomizer based spray cooling, Int. J. Heat. Mass. Transf. 103, 2016. – p. 57-65.
36. W. Luboń, G. Pełka, M. Janowski, L. Pająk, M. Stefaniuk, J. Kotyza, P. Reczek. Assessing the Impact of Water Cooling on PV Modules Efficiency, Energies, 13(10), 2020:2414. https://doi.org/10.3390/en13102414.
37. K. Sornek, W. Goryl, R. Figaj, G. Dabrowska, J. Brezden. Development and Tests of the Water Cooling System Dedicated to Photovoltaic Panels. Energies, 15, 2022:5884.
38. M.M. Armendáriz-Ontiveros, G.E. Dévora-Isiordia, J. Rodríguez-López, R.G. Sánchez-Duarte, J. Álvarez-Sánchez, Y. Villegas-Peralta, M.d.R. Martínez-Macias. Effect of Temperature on Energy Consumption and Polarization in Reverse Osmosis Desalination Using a Spray-Cooled Photovoltaic System. Energies, 15, 2022:7787.
39. N.Q. Nguyen, H.I. Beloev, H.B. Nguyen, V.L. Nguyen. Experimental Comparison of Water-Based Cooling Methods for PV Modules in Tropical Conditions. Energies, 18, 2025:5054.
40. M. Nateqi, M. Rajabi Zargarabadi, R. Rafee. Experimental investigations of spray flow rate and angle in enhancing the performance of PV panels by steady and pulsating water spray system. SN Appl. Sci. 3, 130, 2021. https://doi.org/10.1007/s42452-021-04169-4.
41. I. Navaei, M. Rajabi Zargarabadi, S. Rashidi. The effects of water spray characteristics on the performance of a photovoltaic panel. J Therm. Anal. Calorim. 149, 2024. – p. 14373-14387.
42. U.S. EPA Wastewater Technology Fact Sheet Screening and Grit Removal. In: United States Environ. Prot. Agency. 2003. http://www3.epa.gov/npdes/pubs/final_sgrit_removal.pdf.
43. S.L. Prabu, T.N.K. Suriyaprakash, J.A. Kumar. Wastewater treatment technologies: A review. Pharma times 43, 2011. – p. 9-13.
44. F. Deluise, L.K. Wang, S-Y. Chang, Y-T. Hung. Screening and Comminution. In: Wang LK, Hung Y-T, Shammas NK (eds) Physicochemical Treatment Processes. Humana Press, Totowa, 2005. – p. 1-19.
45. S.F. Ahmed, M. Mofijur, S. Nuzhat et al. Recent developments in physical, biological, chemical, and hybrid treatment techniques for removing emerging contaminants from wastewater. J Hazard Mater, 416, 2021:125912.
46. M. Jover-Smet, J. Martín-Pascual, A. Trapote. Model of Suspended Solids Removal in the Primary Sedimentation Tanks for the Treatment of Urban Wastewater. Water 9, 2017:448.

ISSN 3030-3907

47. A. Ferdowsi, M. Valikhan-Anaraki, S. Farzin, S-F. Mousavi. A new combination approach for optimal design of sedimentation tanks based on hydrodynamic simulation model and machine learning algorithms. Phys Chem Earth Parts A/B/C 127, 2022:103201.
48. F. de Dardel, T.V. Arden. Ion Exchangers. In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley. 2008.
49. J.K. Fink. Phenol/Formaldehyde Resins. React Polym Fundam Appl. 2013. – p. 155-177.
50. M. Samer. Biological and chemical wastewater treatment processes. In: Wastewater Treatment Engineering. InTech. https://doi.org/10.5772/61250.
51. E.M. Ijanu, M.A. Kamaruddin, F.A. Norashiddin. Coffee processing wastewater treatment: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Appl Water Sci 10, 2020:11. https://doi.org/10.1007/s13201-019-1091-9.
52. M.D. Khan, A. Singh, M.Z. Khan et al. Current perspectives, recent advancements, and efficiencies of various dye-containing wastewater treatment technologies. J Water Process Eng 53, 2023:103579.
53. D. Breite, M. Went, A. Prager et al. Charge Separating Microfiltration Membrane with pH-Dependent Selectivity. Polymers (Basel) 11, 2019. https://doi.org/10.3390/POLYM11010003.
54. B. Keskin, M.E. Ersahin, H. Ozgun, I. Koyuncu. Pilot and full-scale applications of membrane processes for textile wastewater treatment: A critical review. J Water Process Eng 42, 2021:102172.
55. E.O. Ezugbe, S. Rathilal. Membrane technologies in wastewater treatment: A review. Membranes (Basel) 10, 2020. https://doi.org/10.3390/membranes10050089.
56. A.H. Behroozi, M.R. Ataabadi. Improvement in microfiltration process of oily wastewater: A comprehensive review over two decades. J Environ Chem Eng 9, 2021:104981.

ISSN 3030-3907

MINTAQAVIY IQTISODIYOT NAZARIYASINING EVOLYUTSIYASI VA MINTAQAVIY BOSHQARUV TUSHUNCHASINING TAKOMILLASHTIRILISHI

Ergashev Sherali Erali o‘g‘li

Buxoro davlat texnika universiteti, mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya. Ushbu maqolada mintaqaviy iqtisodiyot nazariyasining shakllanishi va evolyusiyasi klassik, neoklassik, institutsional va raqamli transformatsiya bosqichlari kesimida tizimli tahlil qilingan. Y.G. fon Tyunen, A.Veber, V.Kristaller, A.Lyosh, F.Perru, G.Myurdal, P.Krugman, M.Porter, R.Florida kabi dunyo tan olgan iqtisodchilarning ilmiy qarashlari va konsepsiyalari atroflicha o‘rganilgan. Joylashuv nazariyalaridan boshlab yangi iqtisodiy geografiya va klasterlar nazariyasigacha bo‘lgan ikki asrlik evolyutsion yo‘l bosqichma-bosqich tahlil etilgan. Raqamli transformatsiya davrida mintaqaviy rivojlanish tushunchasiga yangicha yondashuvlar, jumladan, raqamli platformalar, masofaviy ish va sun’iy intellekt tizimlari ahamiyati ko‘rsatilgan. Tadqiqot natijalari asosida “mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini boshqarish” tushunchasining takomillashtirilgan ta’rifi taklif etilgan. Ushbu ta’rif boshqaruvning beshta asosiy funksiyasini — rejalashtirish, tashkil etish, muvofiqlashtirish, rag‘batlantirish va nazorat qilishni — yagona tizimga birlashtiradi.

Kalit so‘zlar: mintaqaviy iqtisodiyot, nazariya evolyusiyasi, joylashuv nazariyasi, o‘sish qutblari, yangi iqtisodiy geografiya, klasterlar, kreativ sinf, raqamli transformatsiya, mintaqaviy boshqaruv, ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish.

Аннотация. В данной статье проведён систематический анализ формирования и эволюции теории региональной экономики в разрезе классического, неоклассического, институционального и цифрового этапов развития. Изучены научные взгляды всемирно известных учёных — Й.Г. фон Тюнена, А.Вебера, В.Кристаллера, А.Лёша, Ф.Перру, Г.Мюрдаля, П.Кругмана, М.Портера, Р.Флориды. Прослежен двухвековой эволюционный путь от классических теорий размещения до современных концепций цифровой трансформации. Обоснована значимость цифровых платформ, дистанционной занятости и искусственного интеллекта в региональном управлении. По результатам исследования предложено уточнённое определение понятия управления социально-экономическим развитием региона, включающее пять основных функций: планирование, организацию, координацию, стимулирование и контроль.

Ключевые слова: региональная экономика, эволюция теории, теория размещения, полюса роста, новая экономическая география, кластеры,

ISSN 3030-3907

креативный класс, цифровая трансформация, региональное управление, социально-экономическое развитие.

Abstract. This article provides a systematic analysis of the formation and evolution of regional economic theory across classical, neoclassical, institutional, and digital transformation stages. The scientific contributions of prominent scholars — J.H. von Thünen, A. Weber, W. Christaller, A. Lösch, F. Perroux, G. Myrdal, P. Krugman, M. Porter, and R. Florida — are examined in detail. The two-century evolutionary path from classical location theories to contemporary concepts of digital transformation is traced stage by stage. The significance of digital platforms, the remote work revolution, and artificial intelligence systems in modern regional governance is substantiated. Based on the research findings, a refined definition of "management of socio-economic development of a region" is proposed. This definition integrates five core management functions — planning, organization, coordination, stimulation, and control — into a unified systemic process aimed at satisfying the needs of the regional population and economic agents while ensuring economic growth and social stability.

Keywords: regional economics, theory evolution, location theory, growth poles, new economic geography, clusters, creative class, digital transformation, regional governance, socio-economic development.

KIRISH

Mintaqaviy rivojlanish nazariyasi iqtisodiy fan tarixida muhim o‘rin tutadi va uning shakllanishi XIX asrning oxiri – XX asrning boshlariga to‘g‘ri keladi. Sanoat inqilobi natijasida iqtisodiy faoliyatning makonda notekis taqsimlanishi kuchaydi, shaharlarning jadal o‘sishi va urbanizatsiya jarayonlari yangi nazariy tushuntirishlarni talab qildi. Ishlab chiqarish kuchlari va kapitalning muayyan hududlarda to‘planishi, mehnat resurslarining migratsiyasi, infratuzilmaning rivojlanish darajasidagi keskin tafovutlar mintaqalar o‘rtasidagi iqtisodiy munosabatlarni ilmiy tahlil qilish zaruratini keltirib chiqardi.

Zamonaviy globallashuv va mintaqaviy integratsiyalashuv jarayonlari natijasida hududlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini boshqarish masalalari alohida dolzarblik kasb etmoqda. Yevropa Ittifoqida 2021–2027 yillar davomida mintaqaviy rivojlanishni qo‘llab-quvvatlash uchun 372,3 mlrd yevroni tashkil etuvchi struktura fondlari yo‘naltirilgan [Yevropa Komissiyasi, 2021]. Xitoyda “G‘arbiy hududlarni rivojlantirish” dasturi doirasida 2000 yildan boshlab 4 trillion dollarga yaqin investitsiyalar amalga oshirilgan. O‘zbekiston Respublikasida ham 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan “Yangi O‘zbekiston” taraqqiyot strategiyasi mintaqaviy rivojlanishni boshqarishni samarali amalga oshirishni ustuvor vazifa sifatida belgilagan.

ISSN 3030-3907

Mintaqaviy iqtisodiyot nazariyasining evolyusiyasini tizimli o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyat kasb etadi. Har bir nazariy bosqich o‘z davrining iqtisodiy realliklari va ilmiy paradigmalari ta’sirida shakllangan bo‘lib, bu bosqichlarning sintezi zamonaviy mintaqaviy boshqaruv tizimini takomillashtirish uchun metodologik asos yaratadi. Shu nuqtai nazardan, tadqiqot maqsadi mintaqaviy iqtisodiyot nazariyalarining shakllanish va rivojlanish bosqichlarini tahlil etish hamda mintaqaviy boshqaruv tushunchasining ilmiy jihatdan asoslangan ta’rifini taklif etishdan iborat.

Ushbu tadqiqot qiyosiy tahlil, tizimli yondashuv va tarixiy-mantiqiy usullardan foydalangan holda amalga oshirilgan. Mintaqaviy iqtisodiyot sohasida 1826 yildan 2024 yilgacha bo‘lgan davrni qamrab oluvchi 150 dan ortiq ilmiy manba tahlil etilgan. Manbalar quyidagi guruhlarga bo‘linadi: (1) klassik va neoklassik nazariy asarlar – Tyunen, Veber, Kristaller, Lyosh asarlari; (2) mintaqaviy rivojlanish kontseptsiyalariga bag‘ishlangan monografiyalar – Perru, Myurdal, Xirshman, Krugman, Porter; (3) zamonaviy raqamli transformatsiya bo‘yicha tadqiqotlar – Moreti, Bolduin, Florida; (4) O‘zbekiston mintaqalari bo‘yicha milliy tadqiqotlar – G‘ulomov, O‘rinov va boshqalar.

Tadqiqotda tizimli yondashuv mintaqaviy rivojlanishni tashkil etuvchi elementlar – iqtisodiy, ijtimoiy, ekologik va boshqaruv komponentlari – o‘rtasidagi munosabatlarni kompleks o‘rganishga imkon bergan. Qiyosiy tahlil usuli turli mamlakatlarda mintaqaviy rivojlanishni boshqarish tajribalarini o‘rganish va ularga baho berish uchun qo‘llanilgan. Tarixiy-mantiqiy usul esa nazariyalarning ketma-ket rivojlanishini ketma-ketlik va sababiy bog‘liqlik nuqtai nazaridan tahlil qilish imkonini bergan.

Mintaqaviy iqtisodiyotning dastlabki nazariy asoslari nemis iqtisodiy maktabi vakillari tomonidan yaratilgan. Iogann Genrix fon Tyunen (1826) o‘zining “Izolirovannoe gosudarstvo” asarida qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining konsentrik halqalar shaklida joylashuvi modelini yaratdi. Uning modelida shahar markazidan uzoqlashgan sari yer rentasi kamayib boradi va qishloq xo‘jaligi mahsulotlarining intensivligi pasayadi. Bu model birinchi marta iqtisodiy faoliyatning makonda tarqalishini matematik jihatdan asosladi va keyingi nazariy ishlanmalar uchun fundamental zamin hozirladi.

Alfred Veber (1909) “Über den Standort der Industrien” asarida sanoat korxonalarining optimal joylashuvi nazariyasini yaratdi. Uning uch omilli modelida transport xarajatlarini minimallashtirish, mehnat xarajatlari afzalligi va aglomeratsiya ta’siri tahlil qilingan. Veber nazariyasi bo‘yicha korxona joylashuvi xom ashyo manbai, ishlab chiqarish joyi va iste’mol markazi o‘rtasidagi geometrik muvozanat nuqtasida – “joylashuv uchburchagi” da belgilanadi. Bu yondashuv

ISSN 3030-3907

sanoat joylashuvini ilmiy asosda tahlil qilishning birinchi metodologik tizimini yaratdi.

Valter Kristaller (1933) “Markaziy joylar nazariyasi” ni ishlab chiqib, shaharlar tizimining ierarxik tarkibini ilmiy jihatdan tushuntirdi. Uning modelida har bir markaziy joy muayyan xizmat ko‘rsatish radiusiga ega bo‘lib, bu radius tovarning transport xarajatlari va talab darajasiga bog‘liq. Kristallerning olti burchakli joylashuv tizimi hududiy iqtisodiy rejalashtirishda keng qo‘llanila boshlandi. Avgust Lyosh (1940) iqtisodiy landshaft konsepsiyasini yaratib, Kristaller tizimini yanada rivojlantirdi va turli tovarlar uchun turli o‘lchamdagi bozor hududlari mavjudligini ko‘rsatdi. Lyosh nazariyasi mintaqaviy bozorlar tahlilining metodologik asosini tashkil etadi.

Klassik maktabning asosiy ilmiy hissasi shundan iboratki, u birinchi marta iqtisodiy faoliyatning makonda taqsimlanishi qonuniyatlarini matematik modellar yordamida asosladi. Biroq ushbu davr nazariyalarining muhim cheklovi shundaki, ularda faqat bir yoki ikki omil inobatga olingan va iqtisodiy agentlarning ratsional xulq-atvoriga asoslanilgan. Keyingi bosqich nazariyachilari ushbu chekliqlarni bartaraf etish va mintaqaviy rivojlanish omillar majmuini kengaytirish yo‘lini tutdi.

XX asrning ikkinchi yarmida, Ikkinchi Jahon Urushidan keyingi qayta qurish jarayonida mintaqaviy rivojlanish nazariyalari yangi bosqichga ko‘tarildi. Fransuz iqtisodchisi Fransua Perru (1950) “o‘sish qutblari” (pôles de croissance) konsepsiyasini taklif etdi. Uning fikricha, iqtisodiy o‘sish barcha mintaqalarda bir tekisda emas, balki ayrim “qutb” sifatida xizmat qiluvchi yirik sanoat komplekslari yoki shaharlar atrofida konsentratsiyalanadi va keyinchalik boshqa hududlarga tarqaladi. Perru to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir, keyingi va oldingi aloqalar (backward and forward linkages) hamda induksiyalangan ta’sir mexanizmlarini ajratdi.

Shved iqtisodchisi Gunnar Myurdal (1957) kumulyativ sababiylik (cumulative causation) nazariyasini ishlab chiqdi. U mintaqalararo tafovutlarning ortib borishi mexanizmini tarqalish (spread) va yuvilish (backwash) effektlari orqali tushuntirdi. Tarqalish effekti markazdan periferiyaga texnologiyalar transferi, investitsiyalar va iste’mol talabi orqali namoyon bo‘lsa, yuvilish effekti kapital, malakali mehnat resurslari va intelektual salohiyatning markazga qarab oqishida ko‘rinadi. Myurdal ta’kidlashicha, yuvilish effekti odatda tarqalish effektidan ustun keladi, bu esa mintaqalararo tengsizlikni yanada kuchaytiradi.

Albert Xirshman (1958) qutblangan rivojlanish konsepsiyasini taklif etib, iqtisodiy o‘sishda “pastga oqish” (trickle-down) va “qutblanish” (polarization) effektlarini ajratdi. Uning fikricha, rivojlanish yo‘lida tengsizlikning muayyan darajasi muqarrar bo‘lib, davlat siyosati rivojlangan va qoloq mintaqalar o‘rtasidagi tafovutni maqbul chegarada ushlab turishi lozim. Sovet iqtisodiy

ISSN 3030-3907

maktabining vakili N.N.Kolosovskiy (1947) ishlab chiqarish-hududiy komplekslar (TPK) konsepsiyasini yaratib, mintaqaviy rejalashtirishning amaliy asoslarini shakllantirdi. A.G.Granberg esa mintaqaviy iqtisodiyotning matematik modellashtirish metodlarini ishlab chiqdi va hududlararo tarmoqlararo balans tizimini takomillashtirdi.

Ushbu davrning muhim xususiyati shundaki, nazariy tushunchalar birinchi marta keng ko‘lamdagi davlat mintaqaviy siyosatiga tatbiq etila boshlandi. Janubiy Italiya rivojlantirish dasturi (Cassa per il Mezzogiorno, 1950), Fransiyaning o‘sish qutblari asosidagi mintaqalashtirish siyosati, SSSRning hududiy ishlab chiqarish komplekslarini barpo etish tajribasi – bularning barchasi nazariy ishlanmalarning amaliy ifodasi sifatida tarixga kirdi.

Nobel mukofoti laureati Pol Krugman (1991) yangi iqtisodiy geografiya (New Economic Geography) nazariyasini yaratdi va aglomeratsiya effektlarining ahamiyatini matematik modellar yordamida isbotladi. Krugmanning yadro-periferiya modeli takomillashtirilgan transport xarajatlari funksiyasi, o‘sib boruvchi daromadlar va monopolistik raqobat sharoitida iqtisodiy faoliyatning makonda konsentratsiyalanish sabablarini tushuntiradi. Modelda ikkita asosiy kuch o‘zaro ta’sir qiladi: aglomeratsiya kuchlari (yirik bozorga yaqinlik, mehnat bozorining qalinligi, bilimlar spillover effekti) va dispersiya kuchlari (narxlar raqobatining kuchayishi, ko‘chmas mulk va yer narxlarining o‘sishi, transport xarajatlari).

Krugman nazariyasida iqtisodiy integratsiya paradoksi alohida o‘rin tutadi: savdo to‘siqlari pasayganda dastlab hududiy ixtisoslashuv kuchayadi, keyin esa dispersiya kuchlari ustun kelib, ishlab chiqarish bir maromda tarqaladi. Bu tushuncha hozirgi kunda Yevropa Ittifoqining mintaqaviy siyosatini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. 1990-yillarda Krugman boshchiligidagi iqtisodchilar “geografiya va savdo”, “geografiya va iqtisodiy rivojlanish” kabi asarlar orqali mintaqaviy iqtisodiyotni asosiy iqtisodiy fan oqimiga olib kirdilar.

Maykl Porter (1990) raqobatbardoshlik klasterlari konsepsiyasini taklif etdi. Porterning “romb” modeli mintaqaviy raqobatbardoshlikning to‘rt asosiy omilini o‘z ichiga oladi: (1) omil sharoitlari (ishchi kuchi sifati, infratuzilma, ilmiy salohiyat); (2) talab sharoitlari (ichki bozorning talab sifati va hajmi); (3) qo‘llab-quvvatlovchi va bog‘liq tarmoqlar; (4) firma strategiyasi, tarkibi va raqobat muhiti. Porter ta’kidlashicha, eng raqobatbardosh klasterlar barcha to‘rt omil bo‘yicha mustahkam ustunlikka ega bo‘ladi. Kremniy vodiysi (AQSh), Tretiy Italiya to‘qimachilik klasterlari, Finlandiyaning axborot-kommunikatsiya texnologiyalari klasteri buni yaqqol tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

Richard Florida (2002) kreativ sinf nazariyasini ishlab chiqib, mintaqaviy rivojlanishda texnologiya (Technology), talant (Talent) va tolerantlik (Tolerance) omillarining – “3T” ning – muhimligini ta’kidladi. Florida tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, yuqori darajadagi kreativ mutaxassislar – olimlar, muhandislar, san’atkorlar, dizaynerlar – jozibali, kosmopolit va ijtimoiy jihatdan ochiq shaharlarga to‘planadi. Bu esa o‘z navbatida innovatsiyalar, yuqori texnologiyali investitsiyalar va iqtisodiy o‘sishni rag‘batlantiradi. Robert Putnam (1993) ijtimoiy kapital (ijtimoiy ishonch, normalar va tarmoqlar) ning mintaqaviy rivojlanishdagi rolini empirik jihatdan asoslab berdi.

Ushbu davrda institutsional iqtisodiyot yo‘nalishi ham mintaqaviy rivojlanish tahlilida kuchli mavqe egalladi. Duglas Nort (1990) institutlarni – rasmiy va norasmiy qoidalar, tashkilotlar va ularning integratsiyasini – iqtisodiy rivojlanishning asosiy omili sifatida ko‘rib chiqdi. Mintaqalar o‘rtasidagi rivojlanish tafovutlari ko‘p hollarda milliy iqtisodiy siyosat farqlaridan emas, balki mintaqaviy institucional muhit sifatidagi tafovutlardan kelib chiqadi, degan xulosa mintaqaviy boshqaruv tizimini takomillashtirishda institutlarning rolini yanada oshirdi.

XXI asrning ikkinchi o‘n yilligida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi mintaqaviy iqtisodiyot nazariyasida yangi bosqichni boshlab berdi. Enriko Moreti (2020) “Yangi ish joylari geografiyasi” asarining yangilangan nashrida yuqori texnologiyali tarmoqlar ish joylari va iqtisodiy imkoniyatlarning muayyan “g‘oliblar” shaharlarida keskin to‘planishi jarayonini tahlil qiladi. Unga ko‘ra, bitta yuqori texnologiyali ish joyi yo‘ldosh xizmat ko‘rsatish sohalarida 4 dan 5 tagacha qo‘shimcha ish o‘rni yaratadi – bu “multiplikator effekti” mintaqaviy rivojlanish siyosatida inobatga olinishi zarur.

Richard Bolduin (2021) masofaviy ish revolyusiyasi (remote work revolution) konsepsiyasini ilgari surib, raqamli texnologiyalar mintaqaviy rivojlanishdagi an’anaviy geografik cheklovlarni bartaraf etish imkonini berayotganini asosladi. COVID-19 pandemiyasi bu jarayonni jadallashtirib, ko‘plab mutaxassislarning yirik shaharlardan chekka hududlarga ko‘chib o‘tishini tezlashtirdi. Bu tendentsiya “zooming” deb ataluvchi yangi geografik qayta taqsimlanish hodisasini yuzaga keltirdi va mintaqaviy siyosatda “masofadan rivojlantirish” kontseptsiyasiga e’tibor qaratilishiga sabab bo‘ldi.

Raqamli transformatsiya mintaqaviy boshqaruvda printsipial yangi imkoniyatlar yaratmoqda. E-hukumat platformalari orqali davlat xizmatlarini raqamlashtirish, IoT (Internet of Things) sensorlar tarmoqlari asosida “aqlli shahar” va “aqlli qishloq” tizimlarini joriy etish, blokcheyn texnologiyasi asosida er kadastr va mulk reestrlarini yuritish, sun’iy intellekt tizimlari asosida mintaqaviy

ISSN 3030-3907

prognoz va tahlil qilish – bularning barchasi boshqaruv samaradorligini sezilarli oshirmoqda. Xususan, Estoniya tajribasi ko‘rsatadiki, to‘liq raqamlashtirilgan davlat boshqaruvi YaIM ning 2 foiziga teng iqtisodiy samaradorlik berib, hududiy rivojlanishni izchil ta’minlaydi.

O‘zbekiston Respublikasida ham mintaqaviy rivojlanishning raqamli komponenti kuchayib bormoqda. 2020–2025 yillarga mo‘ljallangan “Raqamli O‘zbekiston” strategiyasi doirasida barcha viloyatlarda raqamli infratuzilma rivojlantirilmoqda, e-hukumat xizmatlari kengaytirilmoqda, xududiy ma’lumotlar markazlari tashkil etilmoqda. Buxoro, Samarqand, Toshkent kabi mintaqalardagi texnoparklar va IT-klasterlar innovatsion ekotizimlarni shakllantirishda muhim rol o‘ynamoqda.

Mintaqaviy iqtisodiyot nazariyalarining retrospektiv tahlili asosida ushbu tadqiqot doirasida “mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini boshqarish” tushunchasining takomillashtirilgan ta’rifi ishlab chiqildi. Mavjud ta’riflar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ularda ko‘pincha yoki boshqaruvning funksional tarkibi to‘liq aks ettirilmagan, yoki raqamli va innovatsion komponentlar inobatga olinmagan, yoki mintaqaviy rivojlanishning ko‘p o‘lchovli (multidimensional) tabiati e’tirofga olinmagan.

Taklif etilayotgan ta’rif bo‘yicha: “Mintaqaning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishini boshqarish – bu mintaqa aholisi va xo‘jalik yurituvchi subyektlarning hozirgi va kelajakdagi ehtiyojlarini qondirish, iqtisodiy o‘sish, ijtimoiy barqarorlik va ekologik muvozanatni ta’minlash maqsadida markaziy va mahalliy davlat organlari, xususiy sektor va fuqarolik jamiyati institutlari tomonidan birgalikda amalga oshiriladigan rejalashtirish, tashkil etish, muvofiqlashtirish, rag‘batlantirish va nazorat qilish funksiyalarini o‘z ichiga olgan tizimli hamda raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirib boriladigan jarayondir”.

Ushbu ta’rif mavjud ta’riflardan quyidagi jihatlari bilan farqlanadi: birinchidan, boshqaruvning beshta asosiy funksiyasi – rejalashtirish, tashkil etish, muvofiqlashtirish, rag‘batlantirish va nazorat – yagona tizimga birlashtirilgan; ikkinchidan, boshqaruvning ko‘p subyektlilik tamoyili aks ettirilgan (davlat, xususiy sektor, fuqarolik jamiyati); uchinchidan, rivojlanishning uch o‘lchovli maqsadi – iqtisodiy o‘sish, ijtimoiy barqarorlik va ekologik muvozanat – belgilangan; to‘rtinchidan, raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirilish zaruriyati qonuniy tarzda ta’kidlangan.

Mintaqaviy iqtisodiyot nazariyasi ikki asrlik rivojlanish davomida klassik joylashuv nazariyalaridan zamonaviy raqamli transformatsiya konsepsiyalarigacha evolyutsion yo‘l bosib o‘tdi. Har bir nazariy bosqich – klassik maktab, o‘sish qutblari va kumulyativ sababiylik nazariyalari, yangi iqtisodiy geografiya va

ISSN 3030-3907

klasterlar, kreativ sinf va raqamli transformatsiya – o‘z davrining iqtisodiy realliklari va ilmiy paradigmalari ta’sirida shakllangan. Ushbu evolyutsion jarayon linear emas, balki spiral xarakter kasb etib, oldingi bosqich g‘oyalari yangi shart-sharoitlarda qayta talqin etilgan va boyitilgan.

Tadqiqot doirasida mintaqaviy boshqaruv tushunchasining takomillashtirilgan ta’rifi taklif etildi. Ushbu ta’rif boshqaruvning beshta asosiy funksiyasini – rejalashtirish, tashkil etish, muvofiqlashtirish, rag‘batlantirish va nazorat qilishni – yagona tizimga birlashtiradi. Shuningdek, boshqaruvning ko‘p subyektlilik tamoyili, uch o‘lchovli maqsad tizimi va raqamli texnologiyalar asosida takomillashtirilish zarurati ta’rifda aks ettirildi. Ushbu ta’rif O‘zbekiston mintaqalarida ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni boshqarish tizimini takomillashtirish uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Zamonaviy mintaqaviy rivojlanish nazariyasi raqamli texnologiyalar, innovatsion ekotizimlar va ijtimoiy kapital konsepsiyalarining integratsiyasini talab qiladi. O‘zbekiston sharoitida mintaqaviy rivojlanishni boshqarishda quyidagi yo‘nalishlarni ustuvor deb ko‘rish tavsiya etiladi: birinchi, raqamli infratuzilmani barcha mintaqalarda bir tekisda rivojlantirish; ikkinchi, mintaqaviy klasterlar va innovatsion texnoparklar tizimini kengaytirish; uchinchi, mahalliy hokimiyat organlarining boshqaruv salohiyatini oshirish; to‘rtinchi, xususiy sektori va fuqarolik jamiyatining mintaqaviy rivojlanish jarayonlaridagi ishtiroki mexanizmlarini takomillashtirish. Ushbu choralar majmui mintaqaviy tengsizlikni kamaytirish va barqaror ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni ta’minlash imkonini beradi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun ustuvor yo‘nalish sifatida O‘zbekiston mintaqalarining raqobatbardoshligini baholashda klaster yondashuvi va kreativ iqtisodiyot ko‘rsatkichlarini qo‘llash, sun’iy intellekt vositalari yordamida mintaqaviy rivojlanishni prognoz qilish metodologiyasini ishlab chiqish hamda mintaqaviy klasterlarning ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishga ta’sirini empirik o‘rganish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tyunen Y.G. fon. Izolirovannoe gosudarstvo v yego otnoshenii k selskomu xozyaystvu i natsionalnoy ekonomike. – 1826.
2. Veber A. Über den Standort der Industrien. – Tübingen, 1909.
3. Kristaller V. Die zentralen Orte in Süddeutschland. – Jena, 1933.
4. Lyosh A. Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. – Jena, 1940.
5. Perru F. Economic Space: Theory and Applications // Quarterly Journal of Economics. – 1950. – Vol.64. – P.89-104.

ISSN 3030-3907

6. Myurdal G. Economic Theory and Underdeveloped Regions. – London: Duckworth, 1957.
7. Xirshman A. The Strategy of Economic Development. – Yale University Press, 1958.
8. Krugman P. Increasing Returns and Economic Geography // Journal of Political Economy. – 1991. – Vol.99. – P.483-499.
9. Porter M. The Competitive Advantage of Nations. – New York: Free Press, 1990.
10. Florida R. The Rise of the Creative Class. – New York: Basic Books, 2002.
11. Putnam R. Making Democracy Work. – Princeton University Press, 1993.
12. Granberg A.G. Osnovы regionalnoy ekonomiki. – M.: GU VShE, 2000.
13. G‘ulomov S.S. O‘zbekiston mintaqalari iqtisodiyotini rivojlantirish muammolari. – Toshkent: Fan, 2019.
14. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son Farmoni.
15. Moreti E. The New Geography of Jobs. – Updated edition, 2020.

ISSN 3030-3907

PROPERLY DEVELOPING THE SPEED AND ENDURANCE QUALITIES OF MINI FOOTBALL-PLAYERS

Meliqulov Davronjon To‘ychiyevich

Teacher of the department of physical education and sports, Tashkent state agrarian university

Annotation. This article examines the methodological foundations for properly developing speed and endurance qualities in mini football players aged 6–14 years. It analyzes the specific physiological and motor demands of small-sided football and emphasizes the importance of age-appropriate, long-term athletic development. The paper outlines key principles for training acceleration, agility, speed endurance, aerobic capacity, and anaerobic endurance through game-based and structured methods. Special attention is given to growth-related considerations, load management, and the integration of technical–tactical elements into physical preparation. The proposed framework aligns with contemporary youth development models promoted by organizations such as FIFA and UEFA, prioritizing long-term athlete development over early specialization and performance maximization.

Keywords: Mini football; youth football training; speed development; acceleration; agility; speed endurance; aerobic endurance; anaerobic endurance; small-sided games; long-term athletic development (LTAD); training load management; youth athlete conditioning; motor skill development.

Аннотация. В данной статье рассматриваются методологические основы правильного развития скоростных и выносливостных качеств у юных футболистов в возрасте 6–14 лет. Анализируются специфические физиологические и двигательные требования мини-футбола и подчеркивается важность соответствующего возрасту долгосрочного спортивного развития. В статье изложены ключевые принципы тренировки ускорения, ловкости, скоростной выносливости, аэробной и анаэробной выносливости с помощью игровых и структурированных методов. Особое внимание уделяется факторам роста, управлению нагрузкой и интеграции технико-тактических элементов в физическую подготовку. Предложенная структура соответствует современным моделям развития молодежи, продвигаемым такими организациями, как ФИФА и УЕФА, отдавая приоритет долгосрочному развитию спортсмена, а не ранней специализации и максимизации результатов.

Ключевые слова: Мини-футбол; тренировки по футболу для молодежи; развитие скорости; ускорение; ловкость; скоростная выносливость; аэробная выносливость; анаэробная выносливость; игры в мини-футбол; долгосрочное

ISSN 3030-3907

спортивное развитие (ДСТ); управление тренировочной нагрузкой; физическая подготовка юных спортсменов; развитие двигательных навыков.
Annotation. This article examines the methodological foundations for properly developing speed and endurance qualities in mini football players aged 6–14 years. It analyzes the specific physiological and motor demands of small-sided football and emphasizes the importance of age-appropriate, long-term athletic development. The paper outlines key principles for training acceleration, agility, speed endurance, aerobic capacity, and anaerobic endurance through game-based and structured methods. Special attention is given to growth-related considerations, load management, and the integration of technical-tactical elements into physical preparation. The proposed framework aligns with contemporary youth development models promoted by organizations such as FIFA and UEFA, prioritizing long-term athlete development over early specialization and performance maximization.
Keywords: Mini football; youth football training; speed development; acceleration; agility; speed endurance; aerobic endurance; anaerobic endurance; small-sided games; long-term athletic development (LTAD); training load management; youth athlete conditioning; motor skill development.

INTRODUCTION.

Developing speed and endurance in mini football (small-sided football) requires a scientific, age-appropriate, and long-term approach. Because mini football is played on reduced-size pitches with fewer players, the game is faster, more intense, and demands frequent accelerations, decelerations, and rapid changes of direction. Proper conditioning must reflect these realities while protecting young athletes from overload and burnout. Properly developing speed and endurance in mini football players requires a balanced, age-appropriate, and game-based approach. Speed should be trained with full recovery and high quality, while endurance must be integrated into football-specific activities rather than isolated running sessions.

The ultimate goal is not early performance maximization but long-term athletic development. When speed, endurance, technique, and enjoyment are combined intelligently, young players build a foundation for future success in football and lifelong physical activity. The development of speed and endurance in mini football players has been widely examined within the broader framework of youth football science and long-term athletic development. Contemporary literature emphasizes that physical preparation in children aged 6–14 must be biologically appropriate, systematically structured, and integrated with technical–tactical training.

ISSN 3030-3907

LITERATURE REVIEW. Research in pediatric exercise physiology consistently shows that children are not "miniature adults." Their neuromuscular coordination, anaerobic enzyme activity, and cardiovascular responses differ significantly from those of mature athletes.

Studies indicate that:

- Children demonstrate lower anaerobic power but faster recovery between high-intensity efforts.
- Aerobic metabolism predominates during exercise.
- Neuromuscular plasticity is highly responsive to coordination and speed stimuli before puberty.

These findings support the concept that early training should emphasize coordination, movement efficiency, and acceleration mechanics rather than high-volume anaerobic conditioning.

Speed is recognized as a sensitive quality during prepubertal and early pubertal stages. Literature on long-term athletic development models highlights two key "windows of opportunity" for speed training:

- Early childhood (ages 6–9): reaction speed and movement frequency
- Early adolescence (around peak height velocity): acceleration and maximal sprint speed

Research supports short sprint training (5–20 m) with full recovery as the most effective and safe method for youth players. Studies comparing isolated sprint drills and game-based approaches demonstrate that small-sided games (3v3, 4v4) provide significant improvements in acceleration and agility while simultaneously enhancing decision-making and technical skills.

Scholars influenced by positional play models popularized by coaches such as Pep Guardiola emphasize that speed in football is contextual—cognitive processing speed and tactical anticipation are equally important as pure sprint capacity.

Literature consistently discourages long-distance continuous running for children involved in football. Instead, aerobic capacity is effectively developed through:

- Continuous small-sided games
- Interval-based technical drills
- Possession games with controlled intensity

Research shows that small-sided games elicit heart rate responses between 80–90% of HRmax, which is sufficient for aerobic development in youth populations.

ISSN 3030-3907

The introduction of structured anaerobic training is recommended only after the onset of puberty. Before this stage, repeated sprint ability should be developed through playful competition and short-burst activities rather than metabolic overload training. Studies highlight that excessive high-intensity interval training in prepubertal players does not significantly enhance anaerobic enzyme activity but may increase fatigue and injury risk.

Meta-analyses show that manipulating pitch size, player number, and work-to-rest ratios significantly alters physiological demands. Reduced pitch size increases acceleration frequency and high-intensity efforts, making it particularly suitable for mini football contexts. Thus, small-sided games are widely regarded as a cornerstone of modern youth football methodology.

Growth spurts and peak height velocity present critical periods of vulnerability. Literature emphasizes:

- Monitoring maturation status rather than chronological age
- Adjusting training intensity during rapid growth phases
- Preventing overuse injuries

Long-term athlete development frameworks promoted within international football structures stress gradual progression, diversified movement exposure, and psychological well-being as essential components of sustainable performance development. Despite extensive research on youth football conditioning, several limitations remain:

- Limited longitudinal studies tracking mini football players across developmental stages
- Insufficient differentiation between biological and chronological age in some studies
- Variability in protocols used to measure speed endurance.

Future research should prioritize long-term monitoring and individualized training prescriptions based on maturation indicators.

The literature strongly supports a game-based, age-appropriate, and progressive approach to developing speed and endurance qualities in mini football players. Speed training should focus on short accelerations with full recovery, while endurance should be primarily developed through structured small-sided games rather than isolated running sessions. Evidence aligns with contemporary youth development philosophies endorsed by leading football institutions and modern coaching practice. Ultimately, long-term athletic development—not early performance maximization—remains the central principle guiding effective preparation of mini football players.

ISSN 3030-3907

RESEARCH METHODOLOGY. This study employed a quasi-experimental longitudinal design to evaluate the effectiveness of a structured training program aimed at developing speed and endurance qualities in mini football players. The intervention lasted 12 weeks and compared an experimental group (EG), which followed a specially designed program integrating small-sided games and structured conditioning drills, with a control group (CG), which followed a standard training curriculum.

The study involved 40 male mini football players, aged 10–12 years, recruited from a local football academy.

Inclusion criteria:

- Minimum 2 years of football training experience
- Regular participation in training (3 sessions per week)
- Medical clearance for sports participation

Exclusion criteria:

- Current musculoskeletal injury
- Chronic cardiovascular or metabolic disorders

Participants were divided into:

- Experimental Group (n = 20)
- Control Group (n = 20)

Parental consent and institutional ethical approval were obtained prior to data collection.

The experimental program was conducted 3 times per week, 60–75 minutes per session, for 12 weeks.

Each session included:

1. Warm-up (10–15 min)
   - Coordination drills
   - Dynamic mobility exercises
   - Reaction games
2. Speed Development Block (15–20 min)
   - 5–20 m acceleration sprints
   - Agility drills with direction changes
   - Reaction-based competitive sprints
   - Work-to-rest ratio: 1:6–1:8
3. Endurance Development Block (20–25 min)
   - Small-sided games (3v3, 4v4)
   - Interval-based possession games (3–4 min bouts)
   - Repeated sprint sequences (6–8 × 20 m)
4. Technical-Tactical Integration (15–20 min)

ISSN 3030-3907

- Game-based drills under fatigue
- Conditioned matches.

Table-1.

Dynamics of speed performance indicators in mini football players (Pre- and Post-Intervention).

Indicator	Group	Pre-test (M ± SD)	Post-test (M ± SD)	% Improvement
10 m Sprint (s)	EG	2.10 ± 0.08	1.98 ± 0.07	5.7%
	CG	2.11 ± 0.09	2.07 ± 0.08	1.9%
20 m Sprint (s)	EG	3.65 ± 0.12	3.48 ± 0.11	4.7%
	CG	3.66 ± 0.13	3.60 ± 0.12	1.6%
Illinois Agility Test (s)	EG	18.20 ± 0.50	17.40 ± 0.45	4.4%
	CG	18.25 ± 0.52	18.00 ± 0.50	1.3%

Table-2.

Dynamics of endurance performance indicators in mini football players (Pre- and Post-Intervention).

Indicator	Group	Pre-test (M ± SD)	Post-test (M ± SD)	% Improvement
Intermittent Recovery Test Level 1 (m)	EG	840 ± 95	1040 ± 110	23.8%
	CG	845 ± 90	900 ± 100	6.5%
Repeated Sprint Ability (Total time, s)	EG	29.50 ± 0.90	28.10 ± 0.85	4.7%
	CG	29.60 ± 0.95	29.20 ± 0.90	1.3%
Heart Rate During SSG (avg bpm)	EG	182 ± 6	176 ± 5	—
	CG	181 ± 7	179 ± 6	—

Table-3.

Between-group comparison of performance improvements after 12 weeks.

Indicator	EG Improvement (%)	CG Improvement (%)	Effect Size (Cohen's d)	Statistical Significance
10 m Sprint	5.7%	1.9%	0.85 (large)	$p < 0.05$

ISSN 3030-3907

20 m Sprint	4.7%	1.6%	0.78 (moderate–large)	$p < 0.05$
Agility	4.4%	1.3%	0.81 (large)	$p < 0.05$
Repeated Sprint Ability	4.7%	1.3%	0.75 (moderate)	$p < 0.05$

The control group continued their regular football training without structured speed–endurance progression. The chosen methodology allowed for controlled evaluation of the effectiveness of an integrated speed and endurance training model tailored to mini football players. By combining objective performance testing with structured intervention design, the study ensured both scientific validity and practical relevance for youth football coaching practice.

RESEARCH DISCUSSION. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of an integrated, age-appropriate training program for improving speed and endurance qualities in mini football players aged 10–12 years. The findings demonstrate statistically significant improvements in acceleration, agility, speed endurance, and aerobic capacity in the experimental group compared to the control group. The experimental group showed significant improvements in 10 m and 20 m sprint performance, as well as in agility test results. These findings confirm that short-distance acceleration training (5–20 m) combined with game-based drills is highly effective in mini football contexts.

The improvement in acceleration can be attributed to:

- High frequency of short sprints
- Full recovery intervals ensuring neuromuscular quality
- Repetition of football-specific movement patterns

This aligns with contemporary youth development principles promoted by FIFA, which emphasize speed development through football-specific stimuli rather than isolated track-style sprinting. Agility improvements were likely influenced by small-sided games and 1v1 situations, which require constant changes of direction, decision-making under pressure, and spatial awareness. The data support the idea that agility in football is not purely mechanical but also perceptual-cognitive in nature.

The most substantial improvement was observed in aerobic endurance, as indicated by the Yo-Yo Intermittent Recovery Test results. The experimental group demonstrated markedly higher progress compared to the control group. This finding suggests that structured small-sided games and interval-based football drills produce sufficient cardiovascular stimulus to enhance aerobic capacity in

ISSN 3030-3907

preadolescent players. Importantly, this was achieved without traditional long-distance running, supporting current methodological recommendations in youth football.

The improvement in repeated sprint ability indicates enhanced speed endurance and better recovery between high-intensity efforts. Given that mini football is characterized by frequent accelerations and short recovery periods, these adaptations are highly relevant to match performance.

The age group studied (10–12 years) corresponds to a sensitive period for coordination and acceleration development. The positive adaptations observed suggest that the program respected biological maturation principles and avoided excessive metabolic overload. The moderate but significant improvements in speed endurance demonstrate that prepubertal players can enhance repeated sprint performance when exposed to controlled, progressive stimuli. However, care must be taken not to apply adult-style high-intensity interval training during this developmental stage.

The findings are consistent with previous research indicating that:

- Short sprint training improves acceleration in youth football players.
- Small-sided games elicit heart rate responses sufficient for aerobic development.
- Game-based training produces greater transfer to match performance than isolated conditioning drills.

The present study reinforces the concept that physical development in mini football should be integrated rather than separated from technical–tactical training.

The results confirm that a structured, age-appropriate, and game-based training program significantly improves speed and endurance qualities in mini football players. The integration of acceleration drills and small-sided games proved particularly effective. Overall, the findings support contemporary youth football training models that emphasize progressive development, specificity, and long-term athlete preparation rather than early performance specialization.

CONCLUSION. The present study aimed to determine the effectiveness of a structured and age-appropriate training program for developing speed and endurance qualities in mini football players aged 10–12 years. Based on the results obtained, it can be concluded that the implementation of an integrated training model significantly improves acceleration, agility, aerobic endurance, and repeated sprint ability compared to traditional training approaches. The experimental program, which combined short-distance sprint exercises, structured small-sided games, and football-specific interval drills, proved to be an effective and safe method for enhancing physical performance in young players. The greatest improvements were observed in aerobic endurance and acceleration ability,

ISSN 3030-3907

highlighting the importance of football-based conditioning rather than isolated running exercises.

REFERENCES

1. Bompa Tudor O, T. O., & Buzzichelli, C. (2019). *Periodization: Theory and Methodology of Training* (6th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
2. Malina Robert M, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
3. Reilly Thomas, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 695–702.
4. Bangsbo Jens, J., Iaia, F. M., & Krustrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37–51.
5. Impellizzeri Franco M, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., et al. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 483–492.
6. Hill-Haas Stephen V, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: A systematic review. *Sports Medicine*, 41(3), 199–220.
7. Lloyd Rhodri S, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 61–72.

ISSN 3030-3907

UDK 678.742

TARKIBIDA FOSFOR SAQLAGAN BIOPOLIMERLARNING TERMIK XOSSALARINI TADQIQ ETISH.

Muhitdinov Bahrom Baxodir o‘g‘li
FVV Ilmiy-innovatsion va sinov-tadqiqot instituti bo‘lim boshlig‘i, PhD, k.i.x.
Berdiyev Sanjar Allanazarovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, katta ilmiy xodim,
Qarshiyev Ma’rufjon Tolipovich
Qarshi davlat texnika universiteti, DSc doktorant
Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, t.f.d, prof

Annotatsiya. Ushbu maqolada polietilen asosli polimerlarni fosfor va polivinil saqlovchi organik biomodifikatorlar bilan modifikatsiyalash texnologiyasi va modifikatsiyalangan materiallarning termik, morfologik va fizik-mexanik xossalarini o‘rganish natijalari tahlil qilindi. Tadqiqot davomida tarkibida fosfor saqlovchi kraxmal asosli biomodifikator bilan polivinilspirti modifikatsiyalandi. Sintez qilingan biomodifikator F-0220 markali polietilen modifikatsiyalandi va uning IQ, KI, usullari yordamida xossalari tahlil qilindi. Natijalarga ko‘ra, modifikatsiyalangan kompozit materiallar sof polietilenga nisbatan 18,5-27,8% gacha yong‘inbardoshligi yuqori ekanligi qayd etildi.

Kalit so‘zlar: polietilen, ammoniy polifosfat, polivinilspirt, kraxmal, biomodifikator, polietilen, IQ, kislorod indeksi.

Аннотация: В данной статье проанализирована технология модификации полимеров на основе полиэтилена фосфорсодержащими и поливинилосодержащими органическими биомодификаторами и результаты исследования термических, морфологических и физико-механических свойств модифицированных материалов. В ходе исследования поливиниловый спирт модифицировали фосфорсодержащим биомодификатором на основе крахмала. Синтезированный биомодификатор модифицирован полиэтиленом марки F-0220 и его свойства были проанализированы методами ИК, КИ. Результаты показали, что модифицированные композиционные материалы обладают более высокой огнестойкостью на 18,5-27,8% по сравнению с чистым полиэтиленом.

Ключевые слова: полиэтилен, полифосфат аммония, поливиниловый спирт, крахмал, биомодификатор, полиэтилен, ИК, кислородный индекс.

Abstract: This article analyzes the technology of modification of polyethylene-based polymers with phosphorus- and polyvinyl-containing organic biomodifiers and the results of studying the thermal, morphological and physicomechanical

ISSN 3030-3907

properties of modified materials. During the study, polyvinyl alcohol was modified with a phosphorus-containing starch-based biomodifier. The synthesized biomodifier F-0220 was modified with polyethylene and its properties were analyzed using IR, LOI, methods. According to the results, it was noted that the modified composite materials have a higher fire resistance of 18.5-27.8% compared to pure polyethylene.

Keywords: polyethylene, ammonium polyphosphate, polyvinyl alcohol, starch, biomodifier, polyethylene, IR,oxygen index.

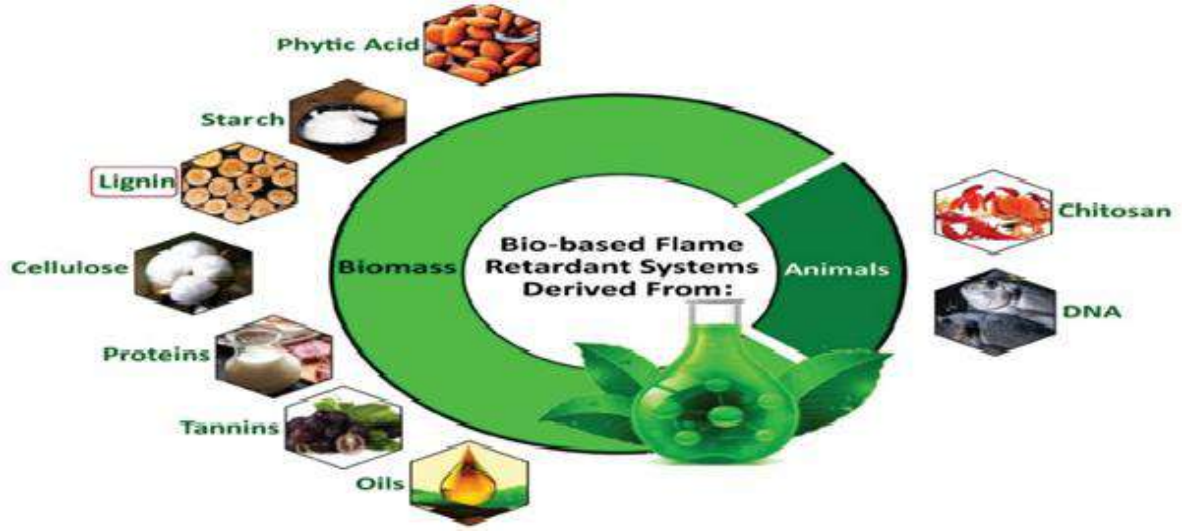
KIRISH.

Barqarorlik va atrof-muhit muammolari tufayli so‘nggi yillarda yong‘inga chidamlilikni yaxshilash uchun bio-asosli va qayta tiklanadigan polimerlar va qo‘shimchalardan foydalanish sezilarli darajada rivojlandi.Ushbu keltirilgan ma’lumotlar bioasosli termoplastik materiallarning issiqlikka chidamliligi haqida zamonaviy ma’lumotlarni taqdim etadi.Yong‘inga chidamli ikki xil bio-asoslilar mavjud: lignin, kraxmal, fitik kislota, sellyuloza, taninlar, oqsillar va yog‘lar kabi biomassadan hosil bo‘lgan va hayvonlar DNKsi va xitozandan olingan [1].(1-rasm).

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda lignin polimerlarning yong‘inga chidamlilillarini rag‘batlantirish kontekstida katta e’tiborni tortdi. Lignin yuqori issiqlik qarshiligiga ega, shuning uchun u yong‘inga chidamli qo‘shimcha sifatida katta imkoniyatlarga ega. Ko‘pgina tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, lignin yoki lignin hosilalaridan foydalanish polimer materiallarning mexanik va termal xususiyatlarini oshirishi mumkin. Ligninning polimerlar uchun olovga chidamli qo‘shimcha sifatida ta’sir qilish qobiliyati uning issiqlik barqarorligi va ko‘mir hosil qilish qobiliyatiga juda bog‘liqdir [2]. Ligninning turlari va manbalari ularning termal parchalanish xatti-harakatlariga bevosita ta’sir qiladi, bu odatda 160–500°C orasida birlamchi parchalanish harorati oralig‘i va 700°C haroratda termal barqaror mahsulot hosil qilishi bilan tavsiflanadi. Kraxmal yoki ligninning ammoniy polifosfat (APP) bilan birikmasi yong‘in bardoshlikni maqbul qiymatga (32% dan yuqori) kamaytiradi. Aromatik funktsional guruhlar turli xil termal xususiyatlarga ega bo‘lganligi sababli, ligninning termal degradatsiyasiga oid kuzatuvlar har xil harorat oralig‘ini qamrab oladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Asosiy bioasosli plastik materiallarning qisqacha ko‘rinishi quyidagi bo‘limlarda tasvirlangan.

ISSN 3030-3907



1-Rasm.Turli xil bio-asosli olovni to‘xtatuvchilar (hayvon va o‘simliklar)ning tashqi ko‘rinishi.

Atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha samaradorlikni oshishi, qayta tiklanmaydigan resurslarning tanqisligi va so‘nggi texnologik yutuqlar keng qo‘shimcha qiymatli yakuniy foydalanish uchun muhandislik xususiyatlariga ega bioasosli kompozitsiyalarni sanoat rivojlanishini kuchaytirdi[3-4].

Biokompozitlarda yong‘indan himoya qilishni yaxshilash uchun, odatda, ularning tarkibiga turli xil yong‘inga chidamli qo‘shimchalar kiritiladi, bu yomon yong‘in xususiyatlariga ega bo‘lgan biokompozitlarga yong‘inga qarshi ishlashning me’yoriy mezonlarini bajarishga imkon beradi va ularning qo‘llanilishi doirasini kengaytiradi.

Biologik parchalanish deganda murakkab organik moddalarning biologik almashinuv jarayoni orqali karbonat angidrid, metan, suv, minerallar va yangi biomassaga parchalanishi tushuniladi [5]. Bunga ma’lum mikroorganizmlarning, xususan bakteriyalar va zamburug‘larning fermentativ faolligi orqali erishiladi, ular dastlab plastmassa yuzasini kolonizatsiya qiladi va o‘ziga xos fermentlarning bioplyonkasini chiqaradi. Chiqarilgan fermentlar uzun polimer zanjirlarini qisqa zanjirli bo‘laklarga bo‘lib, ular hujayra devoridagi tunnel oqsillari orqali mikroorganizmning ichki qismiga o‘tkaziladi va u yerda metabolizatsiya qilinadi. Parchalanish jarayoni ko‘plab omillarga bog‘liq 1-jadvalga qarang.

1-Jadval.

Biologik parchalanishga asosiy ta’sir etuvchi omillari.

Fizik-kimyoviy sharoitlar	Materiallar xususiyatlari	Enzimatik ta’sirlar
Namlik/suv miqdori	Molyar massa	Mikroblarning faolligi
pH qiymati	Polimer kompozitsiya	Mikroblarning xilma-xilligi
Harorat	Hajmi, shakli va sirt maydoni	

ISSN 3030-3907

Kislorodning mavjudligi	Erish va suyuqlikka o‘tish harorati	Mikrob populyatsiyasining zichligi
Oziq moddalarning mavjudligi	Polimer kristalligi, Materialning qalinligi	
Redoks potentsiali	Qo‘shimchalar,to‘ldiruvchilar	

MUHOKAMA VA NATIJALAR. Bu omillarni atrof-muhit, metabolizatsiya qilinadigan polimerning moddiy xususiyatlari va mavjud mikroorganizmlarning turi bilan belgilanadigan fizik-kimyoviy sharoitlarga bo‘lish mumkin. Agar sanab o‘tilgan barcha shartlar o‘lchangan va nazorat qilingan bo‘lsa, materialning parchalanishi haqida ishonchli ma’lumot berish va parchalanish jarayonlarini taqqoslash mumkin.

Olib borilgan tajribamiz davomida polietilen kraxmal polivinilspirt namunasi quyidagicha olib boriladi. Aralashtirgichli avtoklav, ekstruder, tarozi, chinni idish va mufelli pech ishlatiladi. 100 g kraxmal olinib, distillangan suvda eritiladi va F-0220 polietilen va kraxmalli PVS navbat bilan ekstruderga 3 xil massa nisbatida quyiladi (2-jadvalda keltirilgan). 110-120°C haroratda 1-1,5 soat aralashtiriladi va granulalar holiga keltiriladi. Keyingi bosqichda olingan granuladan 170-175^{0}C haroratda tahlil qilish uchun lopatka tayyorlanadi.

2-Jadval.

Kraxmal ammoniy polifosfat, (PE- K-APF-PVS) biopolimer tarkibi.

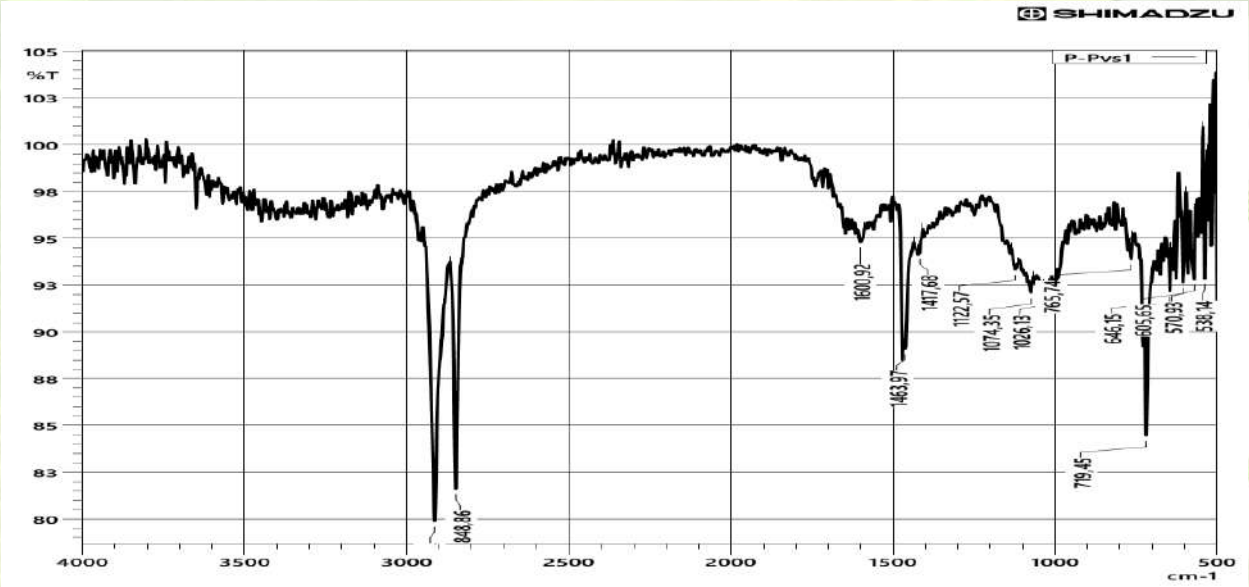
№	Namunalar tarkibi			Namuna og‘irligi,g
	PE	Kraxmal(APF)	PVS	
1.	67,5	27,5	5	1000
2.	57,5	37,5	5	1000
3.	47,5	47,5	5	1000

Tadqiqotlar davomida olingan biomodifikatorlar polietilen bilan jadvalda keltirilgan nisbatda polimer plyonka namunalari tayyorlandi.

Infraqizil spektroskopiyasi. Tajribada olingan polimer kompozit materiallarining polimer kompozitsiyasini tavsiflovchi bog‘lanishlar IQ-spektroskopiyasi yordamida o‘rganildi. Ushbu IQ spektroskopiyasi alkenlarda bog‘lanishlarining valent tebranishlari -C-H- guruhi 2916,37-2848,86 sm^{-1} sohada namoyon bo‘ladi. Aromatik xalqaga mos bo‘lgan valent tebranish 1600,92 sm^{-1} da ko‘rish mumkin. ν(C-C) valent tebranishi 1463,97,69 sm^{-1} da va alkenlarga xos bo‘lgan -CH-CH- 719,45 sm^{-1} da deformatsion tebranishining xarakterli yutilish chiziqlarini ko‘rish mumkin. Shu bilan birga murakkab efirlarga tegishli simmetrik va antisimmetrik valent tebranish 1074,35 sm^{-1} da namoyon bo‘ladi. Oddiy efirlarning C-O-C valent tebranish chiziqlari 1122,57sm^{-1}da ko‘rinadi. IQ-spektroskopiyada 1026,13 sm^{-1} da -C-O oddiy bog‘ga tegishli valent tebranish

ISSN 3030-3907

mavjud, kraxmalga tegishli bog‘langan R-OH guruhining deformatsion tebranishlari 646,15-765 sm^{-1} sohasida ko‘rinadi. 3-rasmda keltirilgan polietilen, kraxmal va PVS larga xos bo‘lgan yutilish chiziqlarini ko‘rish mumkin.



2-Rasm. PE- K-APF-PVS asoslangan kompozitning IQ-spektroskopiyasi.

Olingan polimer namunalarning kislorod indeksi. Yonuvchanlikni baholashda materialning **kislorod indeksi** (LOI — Limiting Oxygen Index) muhim parametr bo‘lib, u **ISO-4589-1** standarti asosida aniqlanadi. LOI qiymati material yonib turishi uchun zarur bo‘lgan **minimal kislorod foizi**ni ifodalaydi:

- **LOI < 21%** — material atmosferadagi (≈21% kislorod) sharoitda oson yonadi → yuqori yonuvchanlik.
- **LOI > 21%** — materialning yonish sharoiti qiyinlashadi → yong‘inga chidamlilik oshadi.

Bu parametr termoplastik kompozitsiyalarning yong‘inga chidamliligini qiyoslashda ishonchli indikator sifatida xizmat qiladi.

Poliolefinlar va ularga asoslangan qurilish materiallarining asosiy kamchiliklari past haroratga chidamliligi va yong‘in xavfining oshishi hisoblanadi. Ular yonuvchan materiallarga tegishli bo‘lib, ularning parchalanishi koks qoldig‘ini shakllantirmasdan davom yetadi: F-0220 markali polietilen bilan modifikatsiyalangan biomodifikatorlarning kislorod indeksi tahlil qilinganda biomodifikatorlar (30-50%) polietilen bilan modifikatsiyanganda yong‘inbardoshligi oshganligini ko‘rishimiz mumkin. 3-jadvalga qarang.

3-Jadval

Polietilen va modifikatsiyalangan polietilen namunalarining kislorod indeksi ko‘rsatkichlari

№	Namunalar tarkibi	ISO-4589-1 ga asosan alanga	Yonish uchun ketgan vaqt, sek.

ISSN 3030-3907

		ning tarqalish indeksi, KI %	
1	PE:K-APF-PVS	25,9	321
2	PE:K-APF-PVS	26,9	350
3	PE:K-APF-PVS	27,8	365
4	Polietilen F-0220	18,5	115
5	Polietilen paket	22,8	188

Kislorod indeksinini aniqlash jarayonida *F-0220* markali polietilen (4-namuna) eng past LOI qiymatiga ega — 18,5%, bu LOI atmosferadagi kislorod foizidan past bo‘lib, modifikatorsiz polietilenning havoda oson yonuvchan ekanligini ko‘rsatadi. Yonish boshlangandan keyin vaqt faqat 115 s bo‘lgan, bu esa yong‘in jarayonining tez davom etishidan dalolat beradi. *5-namuna* (polietilen paket) LOI qiymati 22,8% bo‘lib, bu sof F-0220 ga nisbatan ancha yuqori. Biroq, bu qiymat hali ham 25% atrofidagi xavfsiz deb hisoblanadigan chegaradan past bo‘lib, o‘rtacha yong‘inga chidamlilikni ko‘rsatadi. Yonish vaqti 188 s bo‘lib, bu ham modifikatsiyalangan namunalar bilan solishtirganda ancha past.*1–3-namunalar* — PE:K-APF-PVS kompozitsiyalari — LOI qiymati 25,9–27,8% diapazonda. Bu modifikator qo‘shish natijasida LOI sezilarli ortganini bildiradi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, biomodifikator polietilenning yong‘inga chidamliligini sezilarli oshiradi. Yonuvchanlikni pasaytiradi va yonish jarayonini sekinlashtiradi. Termal barqarorlikni oshiradi. Sof polietilen F-0220 past LOI bilan yuqori yonuvchan material sifatida xarakterlanadi.Polietilen paket materiali LOI jihatidan yaxshiroq bo‘lsada, yong‘in xavfsizligi talablarini to‘liq qondirmaydi.

Biomodifikator bilan modifikatsiya qilingan polietilenlarning LOI qiymati sezilarli oshganligi va yonish vaqtlari uzayganligi ularning yong‘inga chidamliligini yaxshilashini isbotlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Vahabi, H.; Laoutid, F.; Mehrpouya, M.; Saeb, M.R.; Dubois, P. Flame retardant polymer materials: An update and the future for 3D printing developments. *Mater. Sci. Eng. R Rep.* 2021, *144*, 100604. [CrossRef]
2. Kubo, S.; Kadla, J.F. The Formation of Strong Intermolecular Interactions in Immiscible Blends of Poly(vinyl alcohol) (PVA) and Lignin. *Biomacromolecules* 2003, *4*, 561–567. [CrossRef]
3. Mandlekar, N.; Cayla, A.; Rault, F.; Giraud, S.; Salaün, F.; Malucelli, G.; Guan, J.-P. *An Overview on the Use of Lignin and Its Derivatives in Fire Retardant Polymer Systems*; IntechOpen: London, UK, 2017.
4. Brebu, M.; Tamminen, T.; Spiridon, I. Thermal degradation of various

ISSN 3030-3907

lignins by TG-MS/FTIR and Py-GC-MS. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **2013**, *104*, 531–539. [CrossRef]

5. Brodin, I.; Sjöholm, E.; Gellerstedt, G. The behavior of kraft lignin during thermal treatment. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* **2010**, *87*, 70–77. [CrossRef]

6. Каршиев М.Т., Нуркулов Ф.Н., Джалилов А.Т. исследование свойств биоразлагаемого полимерного композита, модифицированного олигомерами, содержащими азот и фосфор // universum: химия и биология : электрон. научн. журн. 2023. 3(105). url: https://7universum.com/ru/nature/archive/item/15084.

ISSN 3030-3907

UO‘K 661.632.231:661.632.19

SANOAT ISHLAB CHIQARISHI SHAROITIDA JADALLASHTIRILGAN USULDA ODDIY SUPERFOSFAT OLISH VA MAHSULOTLARNING SIFAT TARKIBINI FIZIK-KIYOVIY USULLAR BILAN TAHLIL QILISH

Shamshidinov I.T.
Namangan davlat texnika universiteti
Abdullayev A.N.
Namangan davlat texnika universiteti
Najmiddinov R.Yu.
Namangan davlat texnika universiteti
Qodirova G.Q.
Namangan davlat texnika universiteti
Bositov M.A.
Namangan davlat texnika universiteti
Rustamov I.T.
Namangan davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Ushbu ishda Markaziy Qizilqum fosforitlarini ammoniy nitrat ishtirokida sulfat kislotali parchalash, nam superfosfat massasini termik ishlov berilgan retur bilan donadorlash orqali kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan oddiy superfosfat olishning sanoat ishlab chiqarish sinovlari natijalari, shuningdek, mahsulotlarning sifat tarkibini fizik-kimyoviy usullar bilan tahlil qilish natijalari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: fosforitlar, o‘g‘it, sulfat kislotali parchalash, parchalanish darajasi, mineral o‘g‘itlar, fosforli o‘g‘itlar, oddiy superfosfat, donadorlangan superfosfat, donadorlash, donachalar mustahkamligi.

Аннотация. В данной работе представлены результаты испытаний в промышленном производстве получения простого суперфосфата с улучшенными химическими и физико-механическими свойствами путем сернокислотного разложения фосфоритов Центральных Кызылкумов в присутствии нитрата аммония, грануляции влажной суперфосфатной массы термически обработанным ретуром, а также результаты анализов качественного состава продуктов физико-химическими методами.

Ключевые слова: фосфориты, удобрение, разложение серной кислотой, степень разложения, минеральные удобрения, фосфорные удобрения, простой суперфосфат, гранулированный суперфосфат, грануляция, прочность гранул.

ISSN 3030-3907

Abstract. This work presents the results of industrial tests for obtaining simple superphosphate with improved chemical and physico-mechanical properties by sulfuric acid decomposition of Central Kyzylkum phosphorites in the presence of ammonium nitrate, granulation of the wet superphosphate mass with a heat-treated reter, as well as physico-chemical analyses of the product composition.

Keywords: phosphorites, fertilizer, sulfuric acid decomposition, degree of decomposition, mineral fertilizers, phosphorus fertilizers, simple superphosphate, granulated superphosphate, granulation, granule strength.

KIRISH.

Prognozlashtirish va makroiqtisodiy tadqiqotlar instituti mutaxassislari jahon va O‘zbekistonda o‘g‘it iste’moli darajasini tahlil qildi. Dunyo o‘g‘itlar bozori 2021-yilda tanqislikka duch kelib, 2022-yilda o‘g‘itlar narxining keskin oshishi kuchaygan va so‘nggi 70 yil ichida misli ko‘rilmagan darajada o‘sgan. Narxlarga, asosan 2022-yilning ikkinchi yarmida tiklana boshlagan xalqaro logistika zanjirlarining uzilishi va gaz narxining ko‘tarilishi ta’sir ko‘rsatgan. 2022-yil oxiriga kelib, Yevropada o‘g‘it ishlab chiqarishning tiklanishi fonida narxlar barqarorlashgan. Ekspertlar fikricha, jahon miqyosida ayniqsa, daromadi past mamlakatlarda, o‘g‘it narxining oshishi muqarrar ravishda ulardan foydalanishning qisqarishiga olib kelmoqda. Bu esa o‘z navbatida qishloq xo‘jaligi ekinlarining hosildorligini pasaytiradi va oziq-ovqat ishlab chiqarish hajmini qisqartiradi [1].

Mutaxassislarning ta’kidlashicha, oziq-ovqat xavfsizligiga putur yetkazmagan holda o‘g‘itlar qo‘llashni tartibga solish zarur bo‘ladi. Tuproq va tuproq kimyosini muntazam monitoring qilish va o‘g‘itlardan foydalanishni muvozanatlash qishloq xo‘jaligining barqaror o‘sishini ta’minlash, kelajak avlodlar uchun atrof-muhitni muhofaza qilish imkonini beradi.

O‘zbekistonda o‘g‘it sarfi gektariga deyarli 255 kilogrammni tashkil etadi, bu esa umumjahon o‘rtacha ko‘rsatkichlaridan 74 foiz yuqori ekanligini, Yevropa va Markaziy Osiyo o‘rtacha ko‘rsatkichlaridan esa 2,9 barobar ko‘pligini ko‘rsatadi. O‘g‘it qanchalik ko‘p sarflansa, hosildorlik ham shunchalik yaxshi va yuqori bo‘ladi, degan fikr to‘g‘ri emas. Dunyodagi azotli o‘g‘itlarning yarmidan kamroq qismi o‘simliklarning hosiliga hissa qo‘shadi, qolgan qismi esa faqat suv havzalarini ifloslantiradi. Shu sababli so‘nggi 100 yil ichida suv, tuproq va havodagi antropogen azot birikmalarining miqdori ikki baravar oshganligini ko‘rish mumkin.

Respublikamiz kimyo sanoatida hozirgi paytda ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish, takomillashtirish hamda sifatli mahsulotlar ishlab chiqarish korxonalarini qurish, xomashyo bazasini mahalliylashtirish, import o‘rnini bosuvchi mahsulotlarning yangi turlarini ishlab chiqarish bo‘yicha keng

ISSN 3030-3907

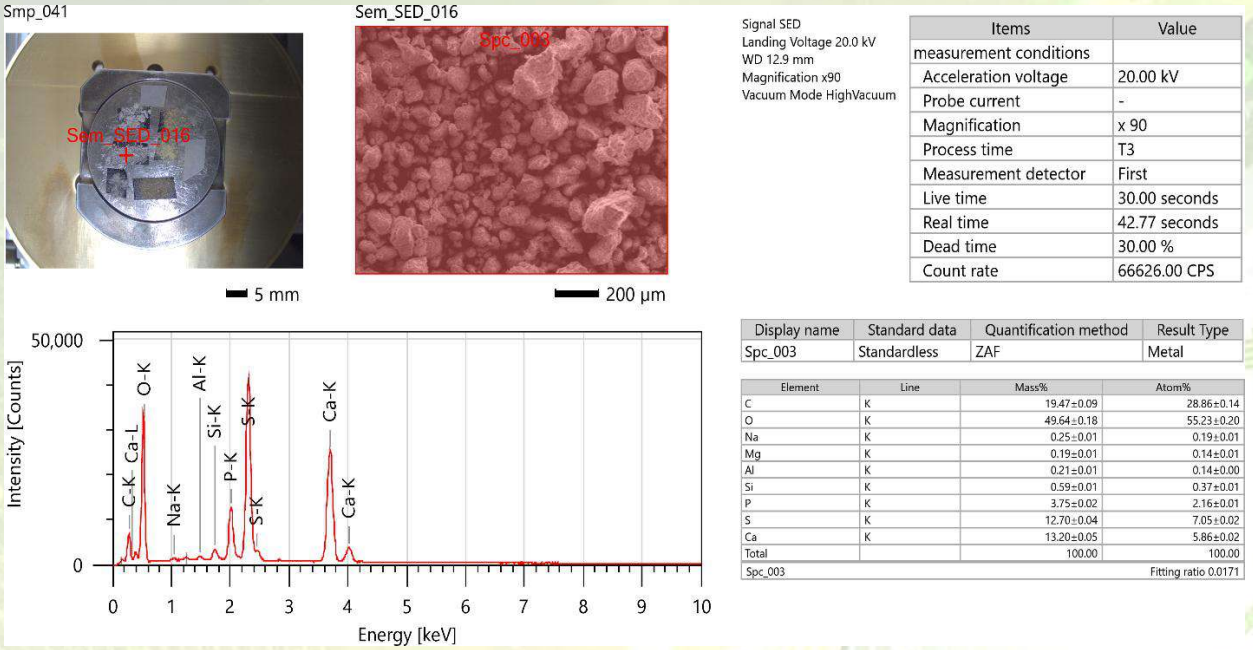
ko‘lamli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Bu borada erish va reaksiya issiqliklaridan samarali foydalangan holda fosforit xomashyosini ammoniy nitrat ishtirokida sulfat kislotali parchalash yo‘li bilan sifat ko‘rsatkichlari yaxshilangan, arzon va samarador oddiy superfosfat ishlab chiqarishning tejamkor texnologiyasini ishlab chiqish va sanoat ishlab chiqarishi sharoitida o‘zlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi [2].

METODIKA. Markaziy Qizilqum fosforitlarini sulfat kislotali parchalash jarayonida fosforit parchalanish darajasini omborli yetiltirishsiz belgilangan me’yorga yetkazish orqali jarayon jadalligini oshirish, ammoniylash jarayonisiz mahsulot tarkibidagi erkin kislotalilikni kamaytirish, donadorlangan mahsulot tarkibini sifat ko‘rsatkichlarini oshirish hamda donachalar mustahkamligini oshirish maqsadida tabiiy fosfatni sulfat kislotali parchalash bosqichiga ammoniy nitrat kiritildi, donadorlash jarayonida hosil bo‘ladigan returga termik ishlov berish yo‘li bilan kristallogidratlarni degidratlandi, superfosfat massasini termik qayta ishlangan retur bilan birgalikda donadorlandi. Natijada kimyoviy (ammoniy nitrat ishtirorkida) va fizik-mexanik xossalari (ammoniy nitrat yoki termik ishlov berilgan retur ishtirokida) yaxshilangan oddiy superfosfat mahsuloti olindi.

OLINGAN NATIJALAR. Markaziy Qizilqum fosforitlaridan kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat ishlab chiqarish texnologik jarayonining mohiyati shundan iboratki, bunda YUKFK yoki FU 65% li sulfat kislota bilan ammoniy nitrat ishtirokida parchalanadi, termik ishlov berilgan superfosfat (retur) bilan birgalikda donadorlanadi va mahsulot quritiladi.
Tajriba-sinovlar jarayonida ishlatilgan xomashyolar (1-jadval):
DAST 2184-2013 bo‘yicha “Sulfat kislota”;
DAST 2-2013 bo‘yicha “Ammiakli selitra”;

O‘z DSt 2825:2014. Toshqo‘ra fosforit mahsuloti. Toshqo‘ra yuvib kuydirilgan fosforit konsentrati fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari. Toshqo‘ra fosforit uni fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari (1- va 2-rasmlar).

ISSN 3030-3907



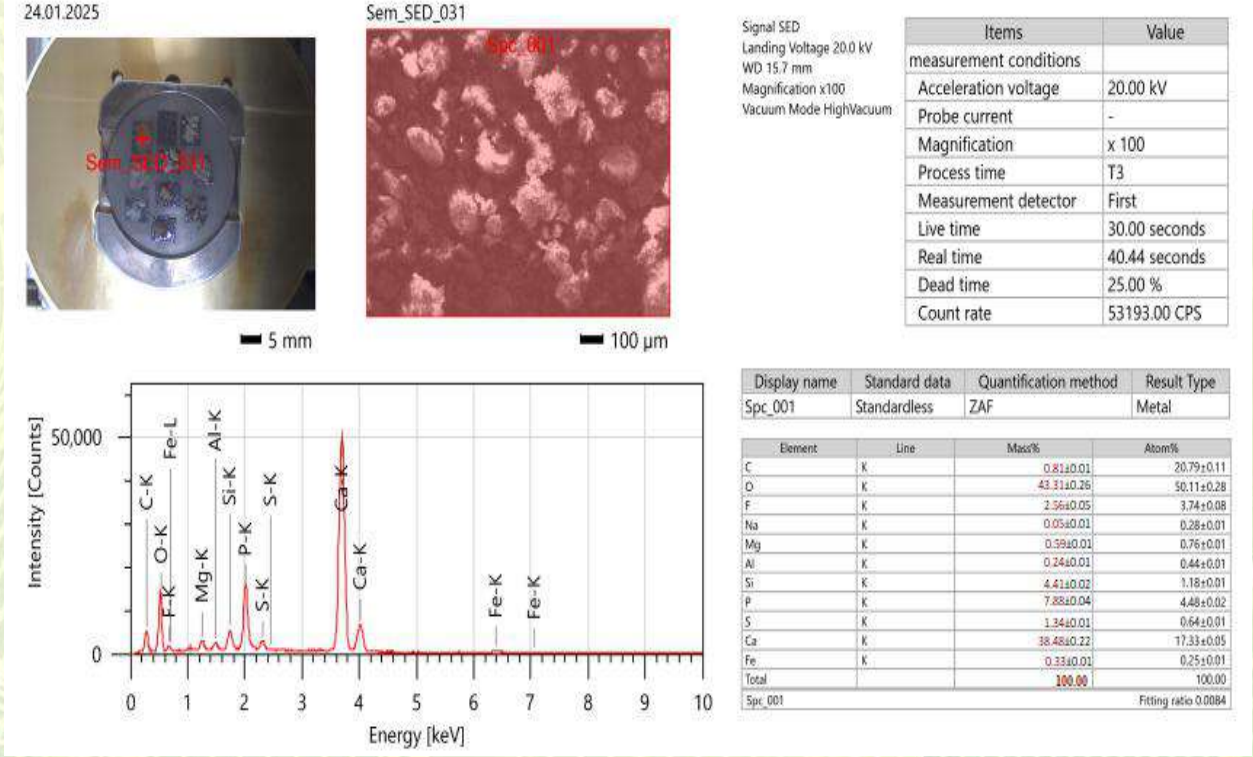
Signal SED
Landing Voltage 20.0 kV
WD 12.9 mm
Magnification x90
Vacuum Mode HighVacuum

Items	Value
measurement conditions	
Acceleration voltage	20.00 kV
Probe current	-
Magnification	x 90
Process time	T3
Measurement detector	First
Live time	30.00 seconds
Real time	42.77 seconds
Dead time	30.00 %
Count rate	66626.00 CPS

Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_003	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	19.47±0.09	28.86±0.14
O	K	49.64±0.18	55.23±0.20
Na	K	0.25±0.01	0.19±0.01
Mg	K	0.19±0.01	0.14±0.01
Al	K	0.21±0.01	0.14±0.00
Si	K	0.59±0.01	0.37±0.01
P	K	3.75±0.02	2.16±0.01
S	K	12.70±0.04	7.05±0.02
Ca	K	13.20±0.05	5.86±0.02
Total		100.00	100.00
Spc_003			Fitting ratio 0.0171

1-Rasm. Markaziy Qizilqum yuvib kuydirilgan fosfat konsentratining SEM_SED tahlil natijalari.



Signal SED
Landing Voltage 20.0 kV
WD 15.7 mm
Magnification x100
Vacuum Mode HighVacuum

Items	Value
measurement conditions	
Acceleration voltage	20.00 kV
Probe current	-
Magnification	x 100
Process time	T3
Measurement detector	First
Live time	30.00 seconds
Real time	40.44 seconds
Dead time	25.00 %
Count rate	53193.00 CPS

Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_001	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	0.81±0.01	20.79±0.11
O	K	43.31±0.26	50.11±0.28
F	K	2.56±0.05	3.74±0.08
Na	K	0.05±0.01	0.28±0.01
Mg	K	0.59±0.01	0.76±0.01
Al	K	0.24±0.01	0.44±0.01
Si	K	4.41±0.02	1.18±0.01
P	K	7.88±0.04	4.48±0.02
S	K	1.34±0.01	0.64±0.01
Ca	K	38.48±0.22	17.33±0.05
Fe	K	0.33±0.01	0.25±0.01
Total		100.00	100.00
Spc_001			Fitting ratio 0.0084

2-Rasm. Markaziy Qizilqum fosforit unining SEM_SED tahlil natijalari.

ISSN 3030-3907

1-Jadval

MQ YUKFK va FU asosida kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat olingan ishlab chiqarishning boshlang‘ich xom-ashyolari, sanoat sharoitida olingan mahsulotlarning sifat ko‘rsatkichlari

Komponentlar va ko‘rsatkichlar nomi	Fosfatli xomashyo kimyoviy tarkibi		Oddiy superfosfat kimyoviy tarkibi	
	YUKFK	FU	YUKFK asosidagi	FU asosidagi
Termik ishlov berilgan retur ishtirokida olingan				
$P_2O_{5umum.}$, oғ. %	25,88	18,05	15,93-16,22	12,23-12,42
$P_2O_{5o‘zl.}$, og‘. %			13,66-13,80	9,95-10,09
$P_2O_{5s.e.}$, og‘. %			4,59-5,27	3,03-3,25
$H_3PO_{4erkin,}$ og‘. %			0,68-0,75	0,80-0,97
CaO, og‘. %	53,87	47,18	33,57-34,19	31,97-32,46
MgO, og‘. %	0,98	1,27	0,60-0,61	0,85-0,87
R_2O_3, og‘. %	0,93	1,84		
CO_2, og‘. %	2,97	13,43		
F, og‘. %	2,56	2,03		
$SO_{3.}$, og‘. %	3,36	3,82	37,48-38,21	42,60-43,66
H_2O, og‘. %			1,81-2,16	2,61-3,04
$(P_2O_{5o‘zl.}:P_2O_{5umum.})x100$, %			**84,5-86,6**	**80,2-80,6**
$(P_2O_{5s.s.}:P_2O_{5\ umum.})x100$, %			**25,4-31,7**	**24,7-26,4**
Donadorlik tarkibi, og‘. %: 4 mm dan yirik 1-4 mm o‘lchamli 1 mm dan mayda			 0 97,8-98,5 1,5-2,2	 0 98,2-98,9 1,1-1,8
Donachalar mustahkamligi, MPa (kgf/sm^2)			1,80-1,97	2,00-2,15

ISSN 3030-3907

Ammoniy nitrat ishtirokida olingan				
$P_2O_{5umum.}$, og‘. %	25,88	18,05	14,83-16,54	11,54-11,80
$P_2O_{5o‘zl.}$, og‘. %			13,43-13,71	9,49-9,77
$P_2O_{5s.e.}$, og‘. %			4,35-6,89	4,04-4,67
$H_3PO_{4erkin,}$ og‘. %			0,58-1,03	1,02-1,06
CaO, og‘. %	53,87	47,18	31,53-35,01	29,40-30,13
MgO, og‘. %	0,98	1,27	0,57-0,63	0,95-0,97
N, og‘. %			1,16-1,19	1,03-1,05
R_2O_3, og‘. %	0,93	1,84		
CO_2, og‘. %	2,97	13,43		
F, og‘. %	2,56	2,03		
$SO_{3.}$, og‘. %	3,36	3,82	32,72-35,29	39,46-40,13
H_2O, og‘. %			2,79-3,09	2,77-2,98
(P_2O_{5}o‘zl.:$P_2O_{5umum.}$)x100, %			**82,9-90,6**	**80,4-84,7**
($P_2O_{5s.s.}$:P_2O_{5} umum.)x100, %			**26,3-46,5**	**34,2-40,5**
Донадорлик таркиби, оғ. %:				
Donadorlik tarkibi, og‘. %:			0	0
4 mm dan yirik			99,0-99,2	96,5-97,3
1-4 mm o‘lchamli			0,8-1,0	2,7-3,5
Donachalar mustahkamligi, MPa (kgf/sm^2)			2,10-2,83	1,88-2,10

Fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat olish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat bo‘ladi:

YUKFK yoki FU sulfat kislotaning 65% li eritmasi bilan, kislotaning dikalsiyfosfat hosil bo‘lishiga muvofiq keladigan miqdoriga nisbatan 125-130% stexiometrik me’yorida parchalash orqali superfosfat massasi hosil qilinadi;

superfosfat massasini muntazam aralashtirib turgan holda 6-10 sutka davomida yetiltirish;

ISSN 3030-3907

superfosfat massasining ¼ qismiga (returga) 300-350^{O}C haroratda 60 minut davomida termik ishlov berish;
superfosfatning qolgan qismiga termik ishlov berilgan returni 4:1 nisbatda aralashtirish;
superfosfat massasini donadorlash;
donadorlangan mahsulotni 100-105^{O}C haroratda quritish;
tayyor mahsulotni saralash.

Buning natijasida MQ YUKFK va FU asosida sifat ko‘rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan tavsifdagi mahsulotlar olindi.

Ammoniy nitrat ishtirokida donador oddiy superfosfat olish.

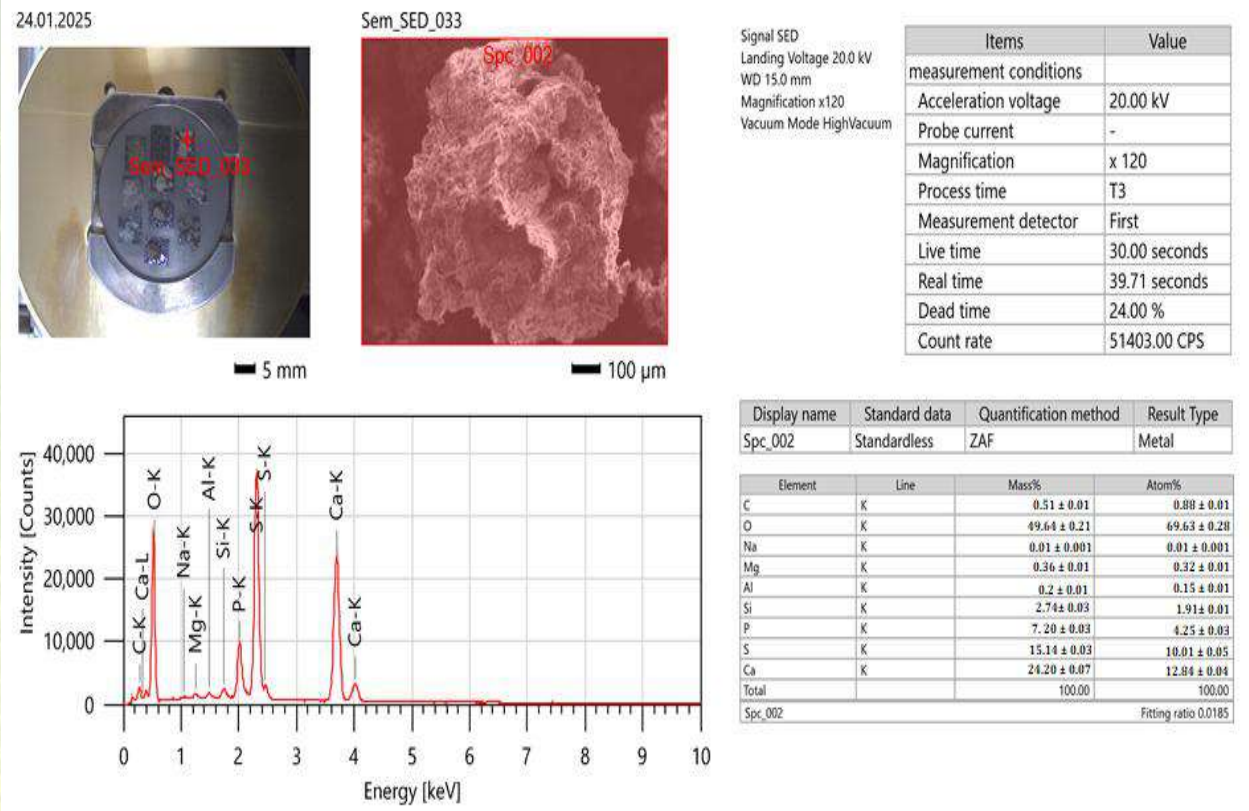
Kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat olish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat bo‘ladi:

YUKFK yoki FU sulfat kislotaning 65% li eritmasi bilan quruq mahsulot massasiga nisbatan 3-4% miqdordagi ammoniy nitrat ishtirokida, kislotaning dikalsiyfosfat hosil bo‘lishiga muvofiq keladigan miqdoriga nisbatan 125-130% stexiometrik me’yorida parchalash orqali superfosfat massasi hosil qilinadi;
superfosfat massasining namligi 10-12% bo‘lguncha maydalangan tayyor mahsulot (retur) bilan aralashtirish;
superfosfat massasini donadorlash;
donador mahsulotni 100-105^{O}C haroratda quritish;
tayyor mahsulotni saralash.

Buning natijasida MQ YUKFK va FU asosida sifat ko‘rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan tavsifdagi mahsulotlar olindi.

Shunday qilib, ”INDORAMA KOKAND FERTILIZERS AND CHEMICALS” JSC korxonasidagi sanoat ishlab chiqarishi sharoitiga muvofiq keladigan qurilmada Markaziy Qizilqum YUKFK va FUdan kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat olish texnologiyasini tajriba-sinov ishlari jarayonni amalga oshirish texnologik ko‘rsatkichlari va olingan mahsulotlarning sifat darajasi bo‘yicha laboratoriya tadqiqotlari natijalarini yetarli darajada takrorlanishini ko‘rsatdi. Олинган маҳсулотларнинг кимёвий таҳлил натижалари SEM_SED tahlil natijalariга мувофиқ келишини кўриш мумкин (3-расм).

ISSN 3030-3907



Items	Value
measurement conditions	
Acceleration voltage	20.00 kV
Probe current	-
Magnification	x 120
Process time	T3
Measurement detector	First
Live time	30.00 seconds
Real time	39.71 seconds
Dead time	24.00 %
Count rate	51403.00 CPS

Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_002	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	0.51 ± 0.01	0.88 ± 0.01
O	K	49.64 ± 0.21	69.63 ± 0.28
Na	K	0.01 ± 0.001	0.01 ± 0.001
Mg	K	0.36 ± 0.01	0.32 ± 0.01
Al	K	0.2 ± 0.01	0.15 ± 0.01
Si	K	2.74± 0.03	1.91± 0.01
P	K	7. 20 ± 0.03	4.25 ± 0.03
S	K	15.14 ± 0.03	10.01 ± 0.05
Ca	K	24.20 ± 0.07	12.84 ± 0.04
Total		100.00	100.00
Spc_002			Fitting ratio 0.0185

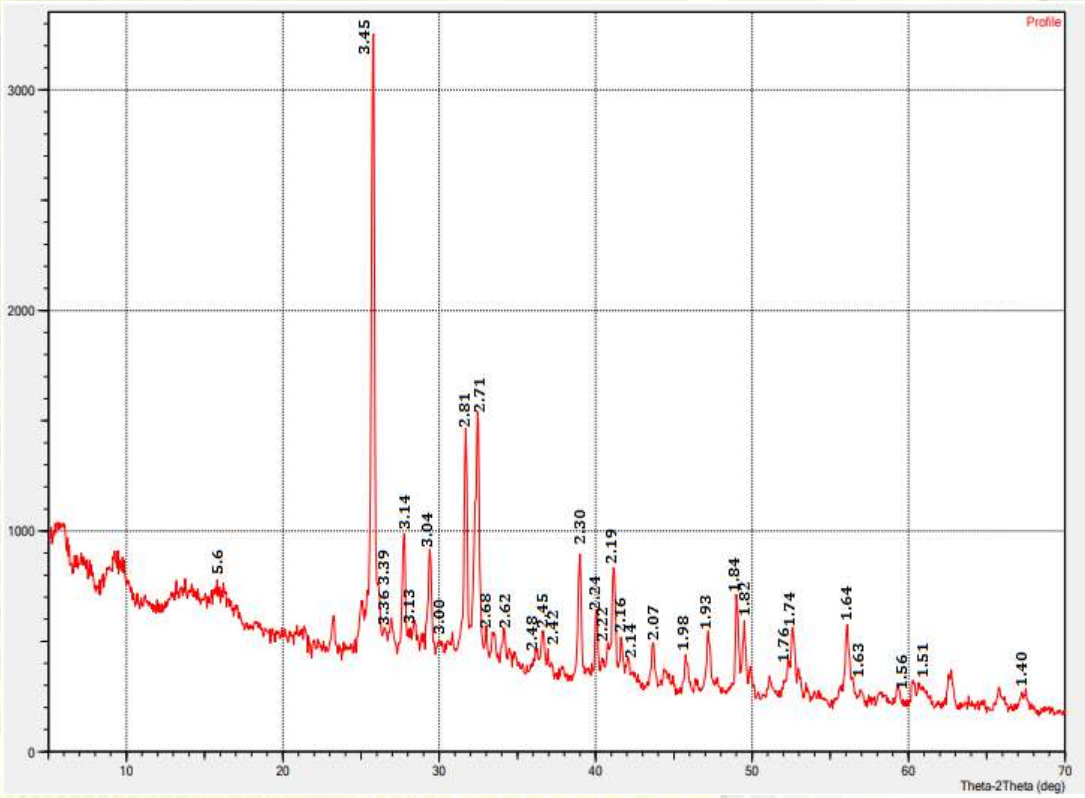
3-rasm. Markaziy Qizilqum YUKFK asosidagi kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan oddiy superfosfatning SEM_SED tahlil natijalari.

Markaziy Qizilqumning YUKFK dan ammoniy nitrat ishtirokida olingan kimyoviy va fizik-mexanik hossalari yahshilangan oddiy superfosfat o‘gitining rentgent tahlili shuni ko‘rsatadiki (4-rasm), mahsulot tarkibida $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, oz miqdorda $Mg(H_2PO_4)_2$, $MgHPO_4 \cdot 2H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, CaF_2, MgF_2 va boshqalar bo‘lishi aniqlandi. Rentgenogrammada bu birikmalarga mos keladigan tekisliklararo oraliqlar va intensivliklarga mos keladigan chiziqlar mavjud bo‘ladi. Dikalsiyfosfat digidratiga xos bo‘lgan piklar ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$) 3,04; 2,62; 2,42; 2,16; 2,00 1,55; 1,52 Å, monokalsiyfosfat monogidrati tarkibiga mos keluvchi piklar esa ($Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H2O$) 5,6; 3,36; 2,81; 2,14; 2,07; 2,00; 1,84; 1,74 Å va kalsiy sulfat digidratiga xos piklar 2,68; 2,48; 2,22; 2,07; 1,79; 1,62 Å hamda mos ravishda monomagniyfosfat va dimagniyfosfat digidrati piklari ($Mg(H_2PO_4)_2$, $MgHPO_4 \cdot 2H_2O$) 3,14; 2,24; 2,16; 2,03; 1,84;1,72;1,64; 3,45; 2,71; 1,92; 1,75 Å, oz miqdorda mavjud bo‘lgan tuzlar $(NH_4)_2SO_4$ ga xos bo‘lgan piklar 3,03;2,67;1,73 Å hamda $Ca(NO_3)_2$ ga xos bo‘lgan piklar 3,39; 2,67; 2,19, CaF_2 ga xos bo‘lgan piklar 1,93 Å ekanligi aniqlandi.

Infraqizil spektroskopiya (IQ) tahlili natijalari [https://www.science-and-fun.de/tools/] malumotlariga asosan 1325-1490 sm^{-1} oraligida NH_4^+ ionlariga hos tebranishni namoyon etadi (5-расм). 1280-1520 sm^{-1} esa NO_3^- ioniga tegishli,

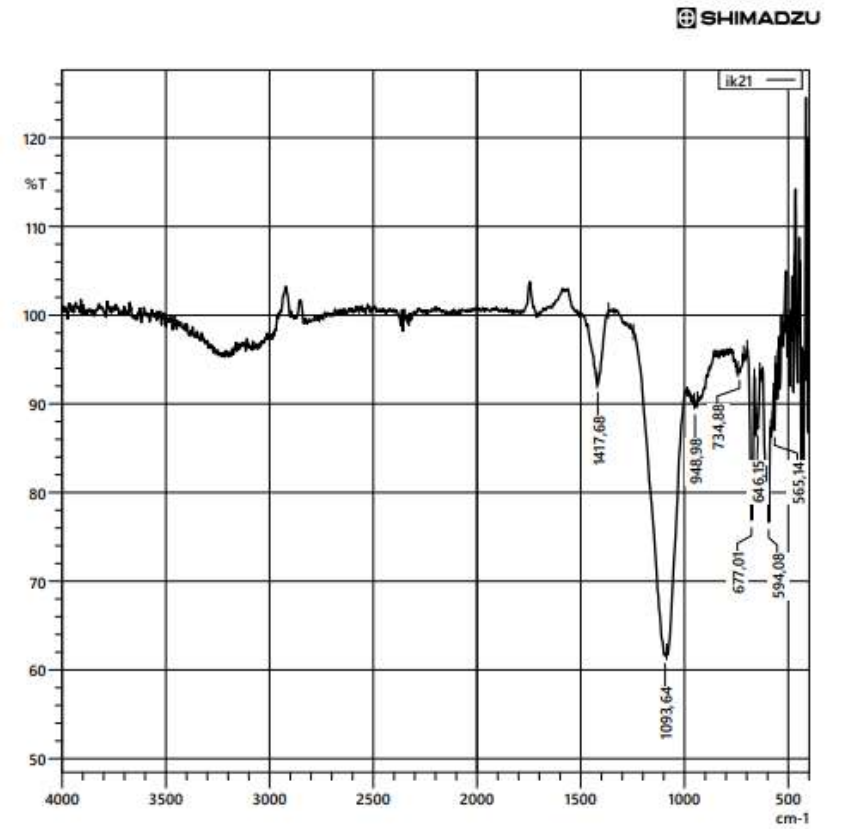
ISSN 3030-3907

1000-1150 sm^{-1} chastotali tebranish HPO_4^{2-}, 950-1200 sm^{-1} chastotali tebranish $H_2PO_4^-$, 1000-1180 sm^{-1} chastotali tebranish PO_4^{3-}, 1080-1130 sm^{-1} va 580-680 sm^{-1} chastotali tebranishlar esa SO_4^{2-} ionlariga xos bo‘ladi.



4-rasm. Markaziy Qizilqum YUKFKdan ammoniy nitrat ishtirokida olingan asosidagi kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan oddiy superfosfatning rentgen tahlil natijalari.

ISSN 3030-3907



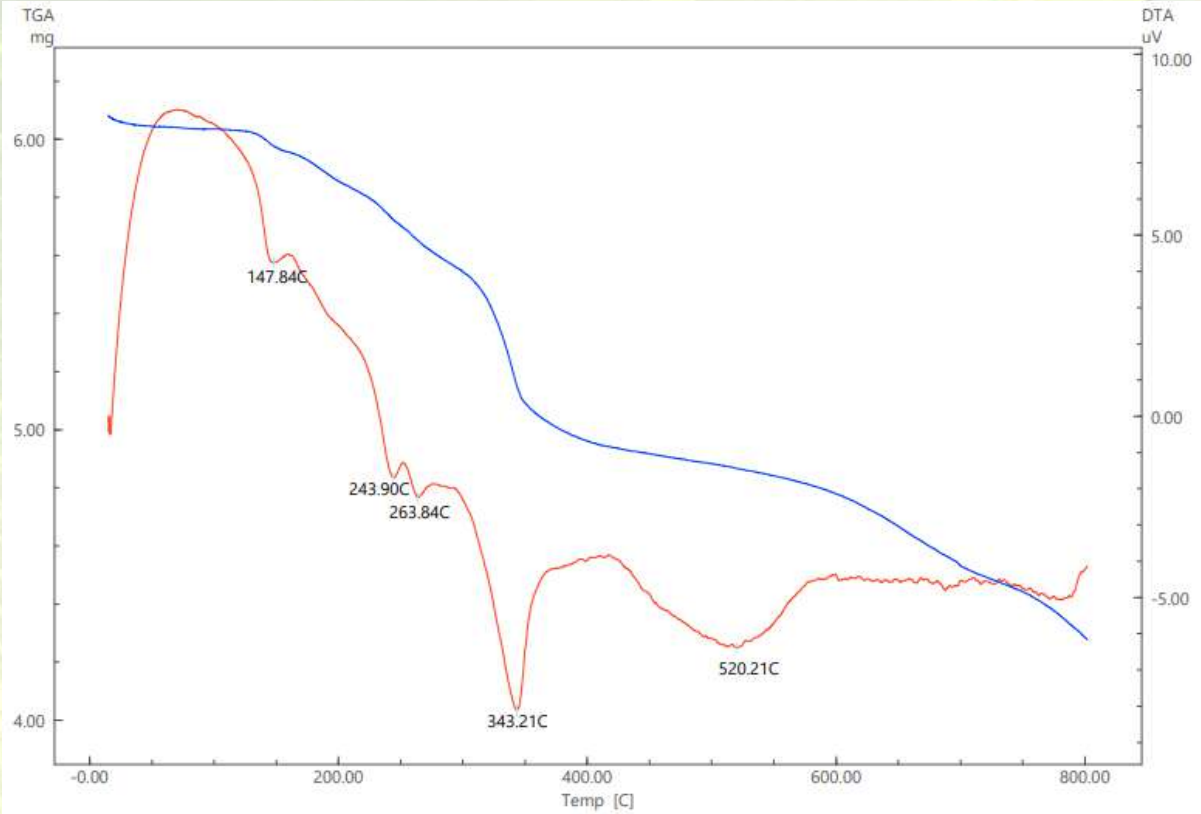
5-rasm. Markaziy Qizilqum YUKFKdan ammoniy nitrat ishtirokida olingan asosidagi kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan oddiy superfosfatning IQ-spektr tahlili natijalari.

Demak, 1417,68 sm^{-1} chastotadagi tebranish $Ca(NO_3)_2$ yoki $(NH_4)_2SO_4$ da mavjud bo‘lgan nitrat (NO_3^-) guruhining hamda NH_4^+ simmetrik egilishi bilan bog‘liq bo‘lib, ushbu tuzlarning mavjudligini tasdiqlaydi. To‘lqin uzunligi 1093,64 sm^{-1}, 948,98sm^{-1}, 734,88sm^{-1}, 677,01 sm^{-1}, 646,15 sm^{-1}, 594,08 sm^{-1}, 565,14 sm^{-1} bo‘lgan tebranishlar HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, PO_4^{3-}, SO_4^{2-} ga xos ekanligi aniqlandi Demak bu malumotlar natijasida aytishimiz mumkinki, o‘g‘it tarkibida $Ca(H_2PO_4)_2$, $CaHPO_4$, $(NH_4)_2SO_4$, $CaSO_4$ lar mavjudligini ko‘rish mumkin.

TGA/DTA tahlili natijalariga ko‘ra (6-rasm), piksimon signallari olingan YUKFKdan ammoniy nitrat ishtirokida olingan kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan oddiy superfosfat o‘g‘itida 100-600°C oralig‘ida bir necha bosqichli massa kamayishi kuzatildi. 100-200°C da namunadagi namlikning yo‘qolishi hamda digidrat birikmalarning ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, $MgHPO_4 \cdot 2H_2O$) degidratlanishi natijasida daslabki massaga nisbatan 1,7% suvini yo‘qotganligini ko‘rish mumkin. 200-300°C da ammoniy va monofosfatlar [$(NH_4)_2SO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, $Mg(H_2PO_4)_2$] daslab analizda olingan 8,182 g massa tarkibidan taqriban 437,6 mg yo‘qotilgani aniqlangan. 300-400°C da $Ca(NO_3)_2$ va ba’zi fosfatlarning parchalanishi sodir bo‘lgan, 400-600°C da esa fosfatlarning kondensatsiyasi kuzatilgan. Yakuniy qolgan qoldiq (≈70%) CaF_2, MgF_2, oksidlar

ISSN 3030-3907

va fosfatlardan iborat. Shu bois TGA/DTA natijalari oddiy superfosfat tarkibida yuqoridagi birikmalarning mavjudligini ishonarli tarzda tasdiqlaydi.



6-rasm. Markaziy Qizilqum YUKFKdan ammoniy nitrat ishtirokida olingan asosidagi kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan oddiy superfosfatning termogrammasi.

XULOSA. Shunday qilib, Markaziy Qizilqum fosforitlarini (YUKFK yoki FU) ammoniy nitrat ishtirokida sulfat kislota bilan parchalash, superfosfat massasini bir qismiga (returga) termik ishlov berish, superfosfat massasining qolgan qismini termik ishlov berilgan retur bilan birgalikda donadorlash va donador mahsulotni quritish yo‘li bilan olingan kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat namunalarining kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlillari natijalariga ko‘ra, ularning tuz tarkibi hisoblab chiqildi. Kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat tarkibida asosan $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$, $MgHPO_4 \cdot 2H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, oz miqdorda $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, $Mg(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$, $Ca(NO_3)_2$, CaF_2, MgF_2 va boshqalar bo‘lishi aniqlandi. Qayd etilgan kimyoviy va fizik-kimyoviy tahlillarda anilangan tuzlar borligini rentgenogramma, IK-spektroskopik va termogravimetrik tahlil natijalari ham tasdiqlaydi.

Farg‘ona viloyati, Furqat tumani, «AZIZBEK MUNISAXON YASMINAXON» fermer xo‘jaligida 2023–2025 yillarda Markaziy Qizilqum fosforitlari (YUKFK va FU) asosidagi kimyoviy va fizik-mexanik xossalari

ISSN 3030-3907

yaxshilangan donador oddiy superfosfatni dala sharoitida sinovdan o‘tkazish bo‘yicha tajribalar o‘tkazildi.

Tajribalar 2 variantdan iborat bo‘lib, 3 takroriylikda 1,4 ga maydonda o‘tkazildi. Bunda 1-variant (amaldagi usul), 2-variant kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfat (nazorat) o‘g‘itini qo‘llashdan iborat bo‘ldi. Mavsum davomida boshqa barcha agrotexnik tadbirlar amaldagi usullar asosida o‘tkazildi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, 1-variantda paxta hosildorligi 45,6 s/ga ni tashkil etib, bu ko‘rsatkich 2-variantda 49,8 s/ga ni tashkil qildi. Olingan natijalardan paxta hosildorligini 4,2 s/ga oshganligi, kimyoviy va fizik-mexanik xossalari yaxshilangan donador oddiy superfosfatning yuqori samaradorlikka ega ekanligi aniqlandi.

ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Iqtisodiy taraqqiyot va kambag‘allikni qisqartirish vazirligi huzuridagi Prognozlashtirish va mikroiqtisodiy tadqiqotlar instituti hisoboti. – Toshkent, 2022-yil.

2. Шамшидинов И.Т, Абдуллаев А.Н., Нажмиддинов Р.Ю., Исраилжонова С.К., Кодирова Г.К. Исследование влияния нормы серной кислоты и степени аммонизации на качественные показатели простого суперфосфата на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов // Universum: Технические науки. – Москва: 2025. – № 12(141). – С. 32-39.

ISSN 3030-3907

BIZNES JARAYONLARIDA BARQAROR RIVOJLANISH MAQSADLARINI AMALGA OSHIRISH TAJRIBASI

Musadjanova Nargiza Abduvoxid qizi
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti asisstent
E-mail: nmusadjanova1122@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada biznes jarayonlarida Birlashgan Millatlar Tashkiloti tomonidan ilgari surilgan "Barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM)"ni amalga oshirish bo‘yicha nazariy asoslar va amaliy tajribalar keng yoritilgan. Barqaror rivojlanish konsepsiyasi bugungi kunda nafaqat davlatlar miqyosida, balki korxonalar, kichik biznes va tadbirkorlik sub’yektlari faoliyatida ham ustuvor yo‘nalishga aylangan. Chunki iqtisodiy samaradorlik, ijtimoiy mas’uliyat va ekologik xavfsizlikni bir butun holda ta’minlamasdan turib, uzoq muddatli barqaror o‘sishga erishish imkoni mavjud emas. Shu nuqtayi nazardan, maqolada biznes faoliyatida barqaror rivojlanish tamoyillarini joriy etishning o‘ziga xos jihatlari, mahalliy va xorijiy tajribalar, shuningdek, ularning korxonalar raqobatbardoshligini oshirishdagi ahamiyati tahlil etiladi. Tadqiqot davomida kompaniyalar tomonidan ekologik menejment tizimlari, yashil texnologiyalar, energiya tejamkorlik, ijtimoiy mas’uliyatli investitsiyalar, xodimlar salomatligi va mehnat sharoitlarini yaxshilashga qaratilgan tashabbuslarning qo‘llanish tajribasi o‘rganilgan. Shuningdek, korxonalarda ESG (Environmental, Social, Governance) standartlari bo‘yicha amaliyotlarning joriy etilishi, korporativ ijtimoiy mas’uliyat dasturlari va ularning jamiyatdagi ijobiy ta’siri tahlil qilingan. Natijalarda ko‘plab kompaniyalar barqaror rivojlanishga oid tashabbuslarni biznes strategiyalarining ajralmas qismi sifatida qabul qilayotganligi va bu jarayon ularga uzoq muddatda iqtisodiy barqarorlik hamda jamoatchilik ishonchini oshirish imkonini berishi ko‘rsatib o‘tiladi. Maqolada shuningdek, O‘zbekiston va boshqa rivojlanayotgan mamlakatlar misolida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirishda duch kelinayotgan muammolar – moliyaviy resurslar yetishmasligi, zamonaviy texnologiyalarni joriy etishdagi qiyinchiliklar, institutsional imkoniyatlarning cheklanganligi va korporativ boshqaruvning takomillashmaganligi kabi omillar ham ko‘rsatib berilgan. Shu bilan birga, mavjud cheklovlarni yengib o‘tish uchun tavsiyalar berilgan: davlat va xususiy sektor o‘rtasida hamkorlikni kuchaytirish, biznesda ekologik innovatsiyalarni rag‘batlantirish, soliq imtiyozlari va moliyaviy qo‘llab-quvvatlash mexanizmlarini kengaytirish, shuningdek, xalqaro tashkilotlar va donorlar bilan hamkorlikni faollashtirish zarurligi ta’kidlanadi. Xulosa sifatida, maqola biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish nafaqat korxonaning iqtisodiy samaradorligini oshirish, balki ijtimoiy barqarorlik

ISSN 3030-3907

va ekologik muvozanatni ta’minlash uchun ham dolzarb yo‘nalish ekanligini asoslab beradi. Ushbu ilmiy ish tadqiqotchilar, amaliyotchi mutaxassislar va siyosat ishlab chiquvchilar uchun barqaror rivojlanishning korporativ amaliyotga tatbiq etilishi borasida nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni taqdim etishi bilan ahamiyatlidir.

Kalit so‘zlar: BMT barqaror rivojlanish kun tartibi, global iqtisodiyot, mahalliy tajriba, ekologik investitsiyalar, ijtimoiy innovatsiyalar, raqamli iqtisodiyot, ekologik barqarorlik amaliyoti, yashil moliya, korporativ boshqaruv, ishlab chiqarish samaradorligi, biznes innovatsion modeli, barqaror rivojlanishda davlat va xususiy sektor hamkorligi.

Аннотация. В данной статье представлен комплексный обзор теоретических основ и практического опыта внедрения Целей устойчивого развития (ЦУР) Организации Объединенных Наций в бизнес-процессы. Концепция устойчивого развития стала приоритетной не только на уровне государств, но и в деятельности предприятий, малого бизнеса и предпринимателей. Поскольку достижение долгосрочного устойчивого роста невозможно без обеспечения экономической эффективности, социальной ответственности и экологической безопасности в целом. С этой точки зрения в статье анализируются специфические аспекты внедрения принципов устойчивого развития в предпринимательскую деятельность, отечественный и зарубежный опыт, а также их значение в повышении конкурентоспособности предприятий. В ходе исследования изучался опыт компаний по внедрению систем экологического менеджмента, зеленых технологий, энергоэффективности, социально ответственных инвестиций, инициатив, направленных на улучшение здоровья и условий труда сотрудников. Также анализируется внедрение практик по стандартам ESG (Environmental, Social, Governance) на предприятиях, программ корпоративной социальной ответственности и их положительное влияние на общество. Результаты показывают, что многие компании принимают инициативы устойчивого развития как неотъемлемую часть своих бизнес-стратегий, и этот процесс позволяет им повысить экономическую стабильность и общественное доверие в долгосрочной перспективе. В статье также показаны проблемы, с которыми сталкивается Узбекистан и другие развивающиеся страны при реализации целей устойчивого развития, такие факторы, как нехватка финансовых ресурсов, трудности внедрения современных технологий, ограниченный институциональный потенциал и несовершенное корпоративное управление. Одновременно даются рекомендации по преодолению имеющихся ограничений: необходимость укрепления

ISSN 3030-3907

сотрудничества государства и частного сектора, стимулирования экологических инноваций в бизнесе, расширения налоговых льгот и механизмов финансовой поддержки, а также активизации сотрудничества с международными организациями и донорами. В заключение статьи утверждается, что внедрение целей устойчивого развития в бизнес-процессы является актуальным направлением не только для повышения экономической эффективности предприятия, но и для обеспечения социальной стабильности и экологического баланса. Данная научная работа имеет значение для исследователей, практиков и политиков, поскольку дает теоретические знания и практический опыт внедрения устойчивого развития в корпоративную практику.

Ключевые слова: Повестка дня ООН в области устойчивого развития, мировая экономика, местный опыт, инвестиции в охрану окружающей среды, социальные инновации, цифровая экономика, методы обеспечения экологической устойчивости, зеленое финансирование, корпоративное управление, эффективность производства, инновационные бизнес-модели, государственно-частное партнерство в области устойчивого развития.

Abstract. This article provides a comprehensive overview of the theoretical foundations and practical experience in implementing the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) in business processes. The concept of sustainable development has become a priority not only at the level of states, but also in the activities of enterprises, small businesses and entrepreneurs. Because it is impossible to achieve long-term sustainable growth without ensuring economic efficiency, social responsibility and environmental safety as a whole. From this point of view, the article analyzes the specific aspects of implementing the principles of sustainable development in business activities, domestic and foreign experiences, as well as their importance in increasing the competitiveness of enterprises. During the study, the experience of companies in implementing environmental management systems, green technologies, energy efficiency, socially responsible investments, and initiatives aimed at improving employee health and working conditions was studied. The implementation of practices according to ESG (Environmental, Social, Governance) standards in enterprises, corporate social responsibility programs and their positive impact on society are also analyzed. The results show that many companies are adopting sustainable development initiatives as an integral part of their business strategies, and this process allows them to increase economic stability and public trust in the long term. The article also shows the problems faced by Uzbekistan and other developing countries in implementing sustainable development goals - such factors as lack of

ISSN 3030-3907

financial resources, difficulties in introducing modern technologies, limited institutional capacity and imperfect corporate governance. At the same time, recommendations are given to overcome existing limitations: the need to strengthen cooperation between the state and the private sector, encourage environmental innovations in business, expand tax incentives and financial support mechanisms, as well as intensify cooperation with international organizations and donors. In conclusion, the article argues that the implementation of sustainable development goals in business processes is a relevant direction not only for increasing the economic efficiency of the enterprise, but also for ensuring social stability and ecological balance. This scientific work is significant for researchers, practitioners and policymakers as it provides theoretical knowledge and practical experience in the implementation of sustainable development in corporate practice.

Keywords: UN Sustainable Development Agenda, global economy, local expertise, environmental investments, social innovation, digital economy, environmental sustainability practices, green finance, corporate governance, production efficiency, business model innovation, public-private partnership in sustainable development.

KIRISH

Hozirgi davrda jahon xo‘jalik tizimi va milliy iqtisodiyotlarning rivojlanishida barqarorlik omili markaziy o‘ringa chiqmoqda. Globallashuv, ekologik muammolar, ijtimoiy tengsizlik, resurslardan samarasiz foydalanish va iqlim o‘zgarishi kabi tahdidlar sharoitida biznes subyektlari faqat daromad olish yoki foyda maksimallashtirishga emas, balki kengroq ma’noda jamiyat va tabiat oldidagi mas’uliyatini ham anglab yetmoqda. Shu nuqtayi nazardan, barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM) iqtisodiy faoliyatni strategik boshqarishning muhim tamoyillaridan biriga aylandi.

2015-yilda Birlashgan Millatlar Tashkiloti tomonidan qabul qilingan “2030 yilga qadar Barqaror rivojlanish kun tartibi” 17 ta asosiy maqsad va 169 ta vazifani o‘z ichiga olib, barcha davlatlar, korporatsiyalar va fuqarolik jamiyati institutlari oldiga aniq vazifalarni qo‘ydi.[1] Ushbu maqsadlar kambag‘allikni tugatish, sifatli ta’lim va sog‘liqni saqlashni ta’minlash, gender tengligini qaror toptirish, iqtisodiy o‘sishni qo‘llab-quvvatlash, ekologik muhofaza, energiya samaradorligini oshirish hamda iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish kabi yo‘nalishlarni qamrab oladi. Biznes jarayonlarida BRMni amalga oshirish — bu korxonalarning faqat ijtimoiy aksiyalar o‘tkazishi yoki ekologik mas’uliyatli tashabbuslarda ishtirok etishi bilangina cheklanmaydi. Aksincha, u ishlab chiqarish, moliyaviy boshqaruv,

[1] O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish choratadbirlari to‘g‘risida”gi farmoni. (2018). Toshkent.

ISSN 3030-3907

ta’minot zanjirlari, kadrlar siyosati, innovatsion faoliyat va iste’molchilar bilan munosabatlarda barqarorlik tamoyillarini chuqur integratsiya qilishni nazarda tutadi. Xalqaro amaliyot ko‘rsatadiki, barqaror rivojlanishga moslashgan biznes-modellar nafaqat ijtimoiy va ekologik mas’uliyatni oshiradi, balki kompaniyalarning uzoq muddatli raqobatbardoshligini mustahkamlaydi. O‘zbekistonda ham ushbu jarayonlarga e’tibor tobora ortib bormoqda. Mamlakat iqtisodiy siyosatida “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasini joriy etish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish, resurslardan oqilona foydalanish, tadbirkorlik subyektlarida korporativ ijtimoiy mas’uliyatni kengaytirish davlat darajasida ustuvor vazifalardan biri sifatida belgilangan. Prezident farmonlari, hukumat qarorlari va Milliy barqaror rivojlanish strategiyalari biznes jarayonlarida BRMni izchil tatbiq etishga yo‘naltirilgan.[2] Shu bilan birga, amaliyot shuni ko‘rsatadiki, biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini samarali amalga oshirish uchun bir qator muhim shart-sharoitlar talab etiladi. Jumladan, korxonalar faoliyatida ekologik audit va hisobotlarni joriy etish, ijtimoiy mas’uliyatni strategik boshqaruv elementiga aylantirish, xalqaro standartlarga mos sertifikatsiya tizimidan foydalanish, innovatsiyalar va “yashil texnologiyalar”ni keng tatbiq etish muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur maqolada biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish tajribasi, uning nazariy asoslari, xalqaro va milliy amaliyotdagi o‘rni hamda istiqboldagi rivojlanish yo‘nalishlari tahlil qilinadi. Shu orqali biznes faoliyati va jamiyatning ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyoti o‘rtasida barqaror aloqalarni shakllantirish imkoniyatlari ochib beriladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Barqaror rivojlanish maqsadlari (BRM) bugungi kunda xalqaro biznes hamjamiyatining eng dolzarb masalalaridan biri bo‘lib, ular korporativ boshqaruv, strategik rejalashtirish va amaliy faoliyatning ajralmas qismi sifatida shakllanmoqda. Adabiyotlarda ko‘rsatilishicha, BRMlarni biznes jarayonlariga integratsiya qilish nafaqat korxona iqtisodiy samaradorligini oshiradi, balki ijtimoiy barqarorlik va ekologik muvozanatni ta’minlashga ham xizmat qiladi.

Xalqaro tajribada barqaror rivojlanishni amalga oshirish masalalari ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan o‘rganilgan. Masalan, Porter va Kramer tomonidan ilgari surilgan “Shared Value” konsepsiyasi biznes jarayonlarini nafaqat foyda olishga, balki jamiyat va tabiat oldidagi mas’uliyatni ham o‘z ichiga olishini ta’kidlaydi. Shuningdek, Bebbington va Unerman barqaror rivojlanish bo‘yicha hisobotlarni

[2] O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori. (2019). “2019–2030 yillarda barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish strategiyasi to‘g‘risida”. Toshkent.

ISSN 3030-3907

tahlil qilib, BRMlarning korporativ strategiyalar bilan uyg‘unlashuvi global miqyosda tobora kuchayib borayotganini qayd etganlar.[3]

Yevropa Ittifoqi mamlakatlari tajribasida BRMlarni amalga oshirish asosan yashil iqtisodiyot tamoyillariga asoslangan bo‘lib, bunda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish, chiqindilarni qayta ishlash va uglerod izini kamaytirish kabi mexanizmlar asosiy o‘rin egallaydi. Masalan, Germaniyada ishlab chiqarish korxonalarida “Industrie 4.0” dasturi doirasida energiya samaradorligini oshirish orqali barqaror rivojlanish maqsadlariga erishish yo‘lga qo‘yilgan.

Osiyo davlatlari tajribasida esa, barqaror rivojlanishga erishishda davlat va xususiy sektor hamkorligining yuqori darajada ekanligi kuzatiladi. Masalan, Janubiy Koreya va Yaponiya kompaniyalari BRMlarni o‘z biznes modellariga tatbiq etish orqali nafaqat milliy iqtisodiy o‘sishga, balki xalqaro bozorda raqobatbardoshligini oshirishga ham erishmoqda.

O‘zbekiston va boshqa Markaziy Osiyo mamlakatlarida ham barqaror rivojlanish masalalari tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Adabiyotlarda qayd etilishicha, Jahon banki hisobotlarida O‘zbekistonda qishloq xo‘jaligi, energetika va sanoat tarmoqlarida ekologik xavfsizlikni ta’minlash, resurslardan samarali foydalanish hamda ijtimoiy himoya tizimini kuchaytirish orqali BRMlarga erishish bo‘yicha qator islohotlar amalga oshirilmoqda.

Shuningdek, mahalliy olimlarning tadqiqotlarida BRMlarni biznes jarayonlariga implementatsiya qilishda raqamli texnologiyalar, innovatsion boshqaruv usullari va korporativ ijtimoiy mas’uliyat dasturlari alohida o‘rin tutishi qayd etilgan. Xususan, raqamli transformatsiya jarayonlari biznes faoliyatini shaffoflashtirish, samaradorlikni oshirish va ekologik ta’sirni kamaytirish orqali BRMlarga bevosita hissa qo‘shishi ko‘rsatilmoqda.

Umuman olganda, adabiyotlar sharhi shuni ko‘rsatadiki, biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish global tendensiyaga aylangan bo‘lib, u korporativ boshqaruvning yangi paradigmasi sifatida shakllanmoqda. Bu jarayonning samaradorligi esa davlat siyosati, xalqaro hamkorlik, innovatsion texnologiyalar va xususiy sektorning mas’uliyatli yondashuvi bilan chambarchas bog‘liqdir.

METODOLOGIYA

Biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini (BRM) amalga oshirish tajribasini o‘rganishda metodologiya muhim o‘rin tutadi. Mazkur maqola tadqiqotida qo‘llanilgan metodologiya biznes amaliyotini chuqur tahlil qilish,

[3] Karimov, A. (2021). Barqaror rivojlanish maqsadlarining korporativ boshqaruvdagi ahamiyati. Iqtisod va innovatsiyalar jurnali, 3(2), 45–56.

ISSN 3030-3907

mavjud xalqaro va milliy tajribalarni solishtirish, shuningdek, BRM'ni integratsiya qilishning samarador mexanizmlarini aniqlashga yo'naltirilgan. Metodologik yondashuv uch asosiy blokdan iborat: nazariy asoslash, empirik tahlil va qiyosiy o'rganish.[4]

Tadqiqot jarayonida dastlab barqaror rivojlanish tushunchasi va BMT tomonidan qabul qilingan 2030 yilgacha Barqaror rivojlanish kun tartibida belgilangan 17 ta maqsad nazariy manba sifatida olinadi. Ushbu maqsadlarning biznes jarayonlariga integratsiyasi bo'yicha xalqaro ilmiy adabiyotlar, BMT Taraqqiyot Dasturi, Jahon Banki, Xalqaro Valyuta Jamg'armasi, OECD va boshqa tashkilotlarning tahliliy hisobotlari asos qilib olindi. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasining "Yashil iqtisodiyot" strategiyasi, "Atrof-muhitni muhofaza qilish to'g'risida"gi qonun, hamda milliy barqaror rivojlanish indikatorlari nazariy-metodologik poydevorni shakllantiradi.[5]

Metodologiya quyidagi ilmiy yondashuvlarga tayangan holda ishlab chiqildi:

– sistemali yondashuv – biznes jarayonlari alohida emas, balki iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik tizimning uzviy qismi sifatida tahlil qilindi.

– institutsional yondashuv – brm'ni amalga oshirishda davlat siyosati, huquqiy baza va korporativ boshqaruv tizimining o'rni o'rganildi.

– innovatsion yondashuv – "yashil texnologiyalar", raqamli transformatsiya va ijtimoiy innovatsiyalarning brmga ta'siri baholandi.

– qiyosiy yondashuv – o'zbekiston tajribasi xalqaro amaliyot (masalan, germaniya, yaponiya, janubiy koreya, skandinaviya mamlakatlari) bilan taqqoslab ko'rildi.[6]

Metodologiyada sifatli va miqdoriy ma'lumotlardan keng foydalanildi. Ma'lumotlar quyidagi manbalardan olindi:

– davlat statistika qo'mitasi va iqtisodiyot va moliya vazirligi hisobotlari;

– o'zbekiston respublikasi markaziy banki va savdo-sanoat palatasi ma'lumotlari;

– xalqaro tashkilotlarning reytinglari (global sustainability index, esg reytinglari, undp ma'lumotlari);

– tanlab olingan korxonalar (banklar, ishlab chiqarish kompaniyalari, xizmat ko'rsatish sohasi)ning yillik hisobotlari.[7]

[4] O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasi. (2022). O'zbekistonning barqaror rivojlanish ko'rsatkichlari to'plami. Toshkent: DSQ nashriyoti.

[5] Jahon banki. (2021). Barqaror rivojlanish va biznes muhitining transformatsiyasi. Vashington: Jahon banki nashri.

[6] BMT Taraqqiyot dasturi (UNDP). (2020). O'zbekistonda barqaror rivojlanish maqsadlari bo'yicha milliy hisobot. Toshkent: UNDP ofisi.

[7] Xudoyberdiyev, S. (2020). Biznes jarayonlarida ekologik menejment tizimining o'rni. Barqaror taraqqiyot ilmiy jurnali, 2(1), 78–85.

ISSN 3030-3907

BRM’ni biznes jarayonlariga tatbiq etish tajribasini tahlil qilishda quyidagi ilmiy metodlardan foydalanildi:

– analitik metod – korxonalarning moliyaviy, ijtimoiy va ekologik ko‘rsatkichlari asosida brmga erishish darajasi o‘rganildi.

– statistik metodlar – regressiya, korrelyatsiya, dinamik qatorlar tahlili yordamida biznesning brmga qo‘shgan hissasi miqdoriy baholandi.

– ekspert so‘rovlari – yirik kompaniya menejerlari, ekologiya bo‘yicha mutaxassislar va iqtisodchi-olimlar bilan suhbat va anketa o‘tkazildi.

– case study (amaliy misol tahlili) – o‘zbekistonda faoliyat yuritayotgan ayrim kompaniyalar (masalan, “uzauto motors”, “artel”, “ipak yo‘li bank”)ning brmga integratsiya tajribalari o‘rganildi.

– swot va pestel tahlil – biznesning brmni amalga oshirishdagi kuchli va zaif tomonlari, imkoniyatlari va xavflari, shuningdek, tashqi omillarning ta’siri baholandi.

Metodologiya quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

– dastlabki bosqich – nazariy asoslarni to‘plash, xalqaro va milliy hujjatlarni o‘rganish.

– analitik bosqich – statistik ma’lumotlarni yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish.

– amaliy bosqich – tanlab olingan korxona va banklarda brmga oid tadbirlarni o‘rganish.

– qiyosiy bosqich – o‘zbekiston tajribasini boshqa mamlakatlar bilan taqqoslash.

– xulosaviy bosqich – tadqiqot natijalariga asoslangan umumiy tavsiyalar ishlab chiqish.[8]

Tadqiqotning metodologik cheklovlari mavjud bo‘lib, ularning eng muhimlari: ma’lumotlarning yetarli emasligi, ba’zi korxonalar hisobotlarining ochiqlik darajasi pastligi, hamda BRM ko‘rsatkichlarining to‘liq integratsiya qilinmaganligi. Shu bilan birga, tadqiqot ilmiy yangilik sifatida O‘zbekiston biznes amaliyotida BRMning real tatbiq etilish mexanizmlarini tizimli yondashuvda ko‘rib chiqadi va xalqaro tajribalar asosida takliflar ishlab chiqadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Biznes jarayonlarida Barqaror rivojlanish maqsadlarini (BRM) amalga oshirish bugungi global iqtisodiy muhitda nafaqat ijtimoiy-iqtisodiy taraqqiyotning muhim omili, balki korxonalarning uzoq muddatli raqobatbardoshligini ta’minlovchi strategik yo‘nalish sifatida qaralmoqda. O‘tkazilgan tadqiqotlar va amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, BRMlarni biznes jarayonlariga integratsiya

[8] Rasulova, N. (2019). Korxonalar faoliyatida ijtimoiy mas’uliyat va barqarorlik tamoyillari. O‘zbekiston iqtisodiy sharhi, 1(4), 112–120.

ISSN 3030-3907

qilish orqali korxonalar nafaqat moliyaviy samaradorlikka erishmoqda, balki ijtimoiy ishonchni mustahkamlash, ekologik barqarorlikni ta’minlash va korporativ boshqaruv sifatini oshirish imkoniyatiga ega bo‘lishmoqda.[9]

Birinchidan, iqtisodiy natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, BRMlarni qo‘llashga e’tibor qaratgan korxonalar barqaror ishlab chiqarish texnologiyalarini joriy etish, energiya va resurslardan oqilona foydalanish, chiqindilarni kamaytirish kabi yo‘nalishlarda sezilarli darajada ijobiy o‘zgarishlarga erishgan. Masalan, ayrim korxonalar qayta tiklanuvchi energiya manbalariga o‘tish orqali energiya xarajatlarini 15–20 foizgacha qisqartirishga muvaffaq bo‘lmoqda. Shu bilan birga, resurslardan tejamkorlik bilan foydalanish ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish va mahsulotni raqobatbardosh narxda taqdim etish imkonini yaratmoqda.[10]

Ikkinchidan, ijtimoiy yo‘nalishdagi natijalar shuni ko‘rsatadiki, barqaror rivojlanishga yo‘naltirilgan biznes jarayonlari ishchilar uchun qulay mehnat sharoitlari yaratish, gender tengligini ta’minlash va mahalliy hamjamiyatlarni qo‘llab-quvvatlash kabi masalalarda sezilarli muvaffaqiyatlarga erishmoqda. Tadqiqotlarga ko‘ra, xodimlar manfaatlariga e’tibor qaratgan korxonalarda ishchi kuchining samaradorligi va sadoqati yuqori bo‘lib, bu o‘z navbatida ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi. Bundan tashqari, mahalliy aholini ijtimoiy loyihalar orqali qo‘llab-quvvatlash korxonalarga ijobiy imij va jamoatchilik ishonchini ta’minlamoqda.

Uchinchidan, ekologik jihatdan olib qaralganda, BRMlar biznes jarayonlarida atrof-muhitni muhofaza qilishni ta’minlashga yordam bermoqda. Xususan, ishlab chiqarishda chiqindilarni qayta ishlash, suv resurslarini tejamli boshqarish va atmosfera chiqindilarini kamaytirish orqali korxonalar ekologik xavfsizlikni mustahkamlashmoqda. Bu esa nafaqat xalqaro ekologik standartlarga moslashish, balki global bozorlarda ishonchli hamkor sifatida tanilish imkoniyatini kengaytiradi.[11]

Muhokama jarayonida yana bir muhim jihat shuki, BRMlarni amaliyotga tatbiq etishning samaradorligi ko‘p jihatdan korporativ boshqaruv tizimi, davlat tomonidan yaratilayotgan institutsional muhit va xalqaro hamkorlik darajasiga bog‘liq. Masalan, rivojlangan davlatlarda hukumatlar tomonidan barqaror biznes amaliyotlarini rag‘batlantirish uchun soliq imtiyozlari, subsidiyalar va grantlar ajratilishi keng qo‘llaniladi. Bu tajriba shuni ko‘rsatadiki, BRMlar faqat korxonalar

[9] O‘zbekiston Respublikasi Iqtisodiy taraqqiyot va kambag‘allikni qisqartirish vazirligi. (2021). Barqaror rivojlanish bo‘yicha milliy dastur. Toshkent.

[10] Mustafoyev, D. (2020). Kichik biznesda barqaror rivojlanish strategiyalarini joriy etish. Biznes va boshqaruv, 5(3), 65–73.

[11] Jo‘rayev, M. (2021). Barqaror iqtisodiy rivojlanishda innovatsion texnologiyalarning o‘rni. Toshkent: Fan va texnologiya.

ISSN 3030-3907

tashabbusi bilan emas, balki davlat siyosati va xalqaro tashkilotlarning faol qo‘llab-quvvatlashi orqali samarali natija berishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, O‘zbekiston tajribasi ham alohida e’tiborga loyiqdir. So‘nggi yillarda mamlakatimizda “yashil iqtisodiyot” konsepsiyasini rivojlantirish, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish, korxonalarda ekologik menejment tizimlarini joriy etish bo‘yicha qator davlat dasturlari amalga oshirilmoqda. Bu jarayonlar biznes subyektlarining xalqaro ekologik standartlarga moslashishiga, eksport imkoniyatlarini kengaytirishiga hamda milliy iqtisodiyotning raqobatbardoshligini oshirishiga xizmat qilmoqda.[12]

Tadqiqotlar natijalarini muhokama qilgan holda, quyidagi asosiy xulosalarga kelish mumkin:

– barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish korxonalar uchun uzoq muddatli raqobat ustunligini ta’minlaydi. bu jarayon nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ijtimoiy va ekologik jihatdan barqaror muhit yaratadi.

– davlat tomonidan qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari — soliq imtiyozlari, grantlar, huquqiy baza va xalqaro hamkorlik biznes jarayonlarida brmlarni joriy etishda hal qiluvchi omil bo‘lib xizmat qiladi.

– korporativ mas’uliyat va xodimlar manfaatlariga e’tibor kompaniyalar samaradorligini oshirish va jamoatchilik ishonchini mustahkamlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

– ekologik innovatsiyalarni keng joriy etish orqali korxonalar nafaqat chiqindilarni kamaytiradi, balki global miqyosda “yashil iqtisodiyot” talablariga moslashadi.[13]

Umuman olganda, biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish korxonalarning kelajakdagi rivojlanish strategiyasining ajralmas qismi bo‘lib, u iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik manfaatlarning uyg‘unlashuvini ta’minlaydi. Bu esa nafaqat korxona, balki butun jamiyatning farovonligi va taraqqiyotiga xizmat qiladi.

XULOSA

Biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini (BRM) amalga oshirish bugungi kunda nafaqat ijtimoiy yoki ekologik zarurat, balki iqtisodiy barqarorlikning ham muhim omiliga aylanganini ko‘rishimiz mumkin. Xalqaro miqyosda qabul qilingan ushbu maqsadlar kompaniyalar faoliyatining yangi mezoni sifatida namoyon bo‘lib, korxonalarning strategik boshqaruviga, investitsiya siyosatiga va raqobatbardoshligini oshirishga bevosita ta’sir

[12] Safarov, I. (2018). Korporativ ijtimoiy mas’uliyat: nazariya va amaliyot. Toshkent: Iqtisodiyot.

[13] O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. (2022). Yashil iqtisodiyot va barqaror biznesni rivojlantirish konsepsiyasi. Toshkent.

ISSN 3030-3907

ko‘rsatmoqda. O‘zbekiston tajribasida ham so‘nggi yillarda davlat siyosati, qonunchilik bazasi va institutsional islohotlar aynan BRMni amaliyotga joriy etishga qaratilgani kuzatilmoqda. Bu esa biznes sub’yektlari uchun nafaqat majburiyat, balki yangi imkoniyatlar eshigini ochmoqda.[14]

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, barqaror rivojlanish tamoyillarini biznes jarayonlariga integratsiya qilishning uch asosiy yo‘nalishi mavjud: iqtisodiy samaradorlikni oshirish, ekologik xavfsizlikni ta’minlash va ijtimoiy mas’uliyatni kuchaytirish. Korxonalar ushbu yo‘nalishlarni uyg‘unlashtirgan holda ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, chiqindilarni kamaytirish, energiya tejamkor texnologiyalarni tatbiq etish hamda xodimlarning ijtimoiy manfaatlarini himoya qilish orqali o‘z faoliyatini yanada barqaror qilmoqda. Shu jihatdan qaraganda, barqaror rivojlanish maqsadlari biznesni faqat foyda olish vositasi emas, balki jamiyat va kelajak avlod oldidagi mas’uliyatli sub’yekt sifatida shakllantirmoqda.

Shuningdek, xalqaro tajribada korporativ ijtimoiy mas’uliyat (CSR) va atrof-muhit, ijtimoiy hamda boshqaruv (ESG) ko‘rsatkichlariga asoslangan amaliyotlar tobora keng tarqalmoqda. Ushbu standartlarni amaliyotga joriy etgan kompaniyalar uzoq muddatda yuqori ishonch, barqaror investor oqimi va global bozorlarda afzalliklarga ega bo‘lmoqda. O‘zbekistonda ham ushbu yondashuvlar bosqichma-bosqich shakllanib, ayniqsa bank-moliya sektori, qishloq xo‘jaligi, sanoat va xizmat ko‘rsatish sohalarida muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Bundan tashqari, barqaror rivojlanishga o‘tishda davlat tomonidan yaratilayotgan huquqiy, moliyaviy va tashkiliy qo‘llab-quvvatlash mexanizmlari muhim rol o‘ynamoqda. Soliq imtiyozlari, ekologik standartlarga muvofiqlik talablari, davlat-xususiy sheriklik loyihalari hamda innovatsion startaplarni qo‘llab-quvvatlash dasturlari ushbu jarayonni tezlashtirmoqda. Shu bilan birga, mahalliy korxonalar xorijiy investitsiyalarni jalb qilishda BRM tamoyillariga amal qilishi orqali yanada keng imkoniyatlarga ega bo‘lmoqda.[15]

Yuqoridagi mulohazalardan kelib chiqib, quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

– Barqaror rivojlanish maqsadlari biznes uchun strategik ustuvorlikka aylangan. Ularni amalga oshirish orqali korxonalar nafaqat iqtisodiy samaradorlikka, balki global raqobatbardoshlikka ham erishmoqda.

[14] Yusupov, B. (2022). Barqaror rivojlanishda yashil iqtisodiyotning o‘rni. Iqtisodiy tadqiqotlar jurnali, 7(2), 90–102.

[15] Karimov, A. (2021). Barqaror rivojlanish maqsadlarining korporativ boshqaruvdagi ahamiyati. Iqtisod va innovatsiyalar jurnali, 3(2), 45–56.

ISSN 3030-3907

– Iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy masalalarning uyg‘unligi biznes faoliyatida muvozanat yaratadi, bu esa uzoq muddatli rivojlanishning kafolati bo‘ladi.

– Xalqaro tajriba va standartlardan foydalanish O‘zbekiston biznes muhitini zamonaviy talablar bilan uyg‘unlashtiradi hamda mahalliy korxonalarni global bozorga olib chiqadi.

– Davlat va xususiy sektor hamkorligi BRMni joriy etishda eng muhim mexanizmlardan biri bo‘lib, bu jarayonda islohotlarning barqarorligi va samaradorligi ta’minlanadi.

– Korxonalarning ijtimoiy mas’uliyati va innovatsion yondashuvlari jamiyat ehtiyojlariga mos ravishda rivojlanish va ekologik muammolarning yechimida muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.[16]

Umuman olganda, biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish nafaqat hozirgi davr ehtiyojlarini qondirish, balki kelajak avlodlar farovonligini ta’minlashga qaratilgan global harakatdir. O‘zbekiston tajribasi shuni ko‘rsatmoqdaki, ushbu maqsadlarni amalga oshirish mamlakat iqtisodiy barqarorligi, ijtimoiy adolatni kuchaytirish va ekologik muvozanatni ta’minlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Shu bois, biznes sub’yektlari uchun barqaror rivojlanish tamoyillarini faoliyatning barcha bosqichlariga chuqur singdirish kelgusida nafaqat foyda keltiruvchi, balki mavjudligini saqlab qoluvchi zarurat sifatida qaralishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish choratadbirlari to‘g‘risida”gi farmoni. (2018). Toshkent.
2. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori. (2019). “2019–2030 yillarda barqaror rivojlanish maqsadlarini amalga oshirish strategiyasi to‘g‘risida”. Toshkent.
3. Karimov, A. (2021). Barqaror rivojlanish maqsadlarining korporativ boshqaruvdagi ahamiyati. Iqtisod va innovatsiyalar jurnali, 3(2), 45–56.
4. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. (2022). O‘zbekistonning barqaror rivojlanish ko‘rsatkichlari to‘plami. Toshkent: DSQ nashriyoti.
5. Jahon banki. (2021). Barqaror rivojlanish va biznes muhitining transformatsiyasi. Vashington: Jahon banki nashri.
6. BMT Taraqqiyot dasturi (UNDP). (2020). O‘zbekistonda barqaror rivojlanish maqsadlari bo‘yicha milliy hisobot. Toshkent: UNDP ofisi.
7. Xudoyberdiyev, S. (2020). Biznes jarayonlarida ekologik menejment tizimining o‘rni. Barqaror taraqqiyot ilmiy jurnali, 2(1), 78–85.

[16] Qodirova, Z. (2021). Biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish tamoyillarini qo‘llash: xorijiy tajriba. Xalqaro iqtisod va biznes, 9(1), 33–44.

ISSN 3030-3907

8. Rasulova, N. (2019). Korxonalar faoliyatida ijtimoiy mas’uliyat va barqarorlik tamoyillari. O‘zbekiston iqtisodiy sharhi, 1(4), 112–120.
9. Jo‘rayev, M. (2021). Barqaror iqtisodiy rivojlanishda innovatsion texnologiyalarning o‘rni. Toshkent: Fan va texnologiya.
10. Mustafoyev, D. (2020). Kichik biznesda barqaror rivojlanish strategiyalarini joriy etish. Biznes va boshqaruv, 5(3), 65–73.
11. O‘zbekiston Respublikasi Iqtisodiy taraqqiyot va kambag‘allikni qisqartirish vazirligi. (2021). Barqaror rivojlanish bo‘yicha milliy dastur. Toshkent.
12. Safarov, I. (2018). Korporativ ijtimoiy mas’uliyat: nazariya va amaliyot. Toshkent: Iqtisodiyot.
13. Yusupov, B. (2022). Barqaror rivojlanishda yashil iqtisodiyotning o‘rni. Iqtisodiy tadqiqotlar jurnali, 7(2), 90–102.
14. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. (2022). Yashil iqtisodiyot va barqaror biznesni rivojlantirish konsepsiyasi. Toshkent.
15. Qodirova, Z. (2021). Biznes jarayonlarida barqaror rivojlanish tamoyillarini qo‘llash: xorijiy tajriba. Xalqaro iqtisod va biznes, 9(1), 33–44.

ISSN 3030-3907

SHOLI PO‘STLOG‘IDAN KREMNIY KOMPONENTLARINING OLINISHI, TUZILISHI, TERMIK TAHLILI VA ADSORBSION XOSSALARI

Xoshimov Shaxrom Mansurjon o‘g‘li
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti doktoranti
Email: shaxromxoshimov1989@gmail.com
Yuldashov Jo‘rabek Baxromovich
Toshkent davlat tibbiyot unversiteti akademik litseyi o‘qituvchisi.,
Kalbaev Alisher Maksetbay uli
O‘zRFA Umumiy va noorganik kimyo instituti tayanch doktoranti
Email: qalbaev.alisher.98@gmail.com
Mamataliyev Nozim Nimadjonovich
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, b.i.x., k.f.d.,
Abdikamalova Aziza Baxtiyarona
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, b.i.x., k.f.d., prof.
Eshmetov Izzat Do‘simbatovich
O‘zR FA Umumiy va noorganik kimyo instituti, Kolloid kimyo va sanoat ekologiyasi laboratoriyasi mudiri, t.f.d., prof.

Annotatsiya. Ushbu maqolada sholi po‘stlog‘idan (ShP) kremniy (SiO_2) komponentlarini ajratib olish, ularning tuzilishi, termik xossalari va adsorbsion faolligi tadqiq etilgan. Tadqiqotda ishqor konsentratsiyasi, ShP/KOH nisbati va qizdirish davomiyligi kabi parametrlarning SiO_2 ning erish darajasiga ta’siri aniqlangan: taxminan 18–20% KOH va 120°C sharoitida SiO_2 ning eng yuqori erishi kuzatilgan. Filtrat neytrallash orqali silikat kislotasi ajratilib olinadi, qolgan lignin va sellyuloza esa pirolizga yuborilib faollantirilgan uglerod olish uchun foydalanilishi mumkin. Olingan namunalar (1KD va 2KD) termogravimetrik, elektron-mikroskopik va rentgen mikroanalíz orqali tahlil qilingan. Adsorbsiya qobiliyati MK ga nisbatan o‘rganilgan; izoterma tahlillari past konsentratsiyalarda Lengmyur modeliga yaxshi mos kelishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: sholi po‘stlog‘i; kremniy dioksidi; KOH eritmasi; termogravimetriya (TG/DTG/DTA); elektron mikroskopiya; element tarkibi; adsorbsion izoterma; Lengmyur modeli.

Abstract. This article investigates the extraction of silicon (SiO_2) components from rice husk (RH), as well as their structure, thermal properties, and adsorption activity. The study determines the effect of parameters such as alkali concentration, the RH/KOH ratio, and heating duration on the dissolution degree of SiO_2. It was found that the highest dissolution of SiO_2 occurs at approximately 18–20% KOH and a temperature of 120°C. Through neutralization of the filtrate, silicic acid can

ISSN 3030-3907

be separated, while the remaining lignin and cellulose can be subjected to pyrolysis to obtain activated carbon. The obtained samples (1KD and 2KD) were analyzed using thermogravimetric analysis, electron microscopy, and X-ray microanalysis. The adsorption capacity was studied with respect to MK, and isotherm analysis showed good agreement with the Langmuir model at low concentrations.

Keywords: rice husk; silicon dioxide (SiO_2); KOH solution; thermogravimetry (TG/DTG/DTA); electron microscopy; elemental composition; adsorption isotherm; Langmuir model.

Аннотация. В данной статье исследовано извлечение кремниевых компонентов (SiO_2) из рисовой шелухи (РШ), а также их структура, термические свойства и адсорбционная активность. В работе определено влияние таких параметров, как концентрация щёлочи, соотношение РШ/KOH и продолжительность нагревания, на степень растворения SiO_2. Установлено, что наибольшая степень растворения SiO_2 наблюдается при концентрации KOH около 18–20% и температуре 120°C. Путём нейтрализации фильтрата выделяется кремниевая кислота, а оставшиеся лигнин и целлюлоза могут быть направлены на пиролиз для получения активированного угля. Полученные образцы (1KD и 2KD) были исследованы с использованием термогравиметрического анализа, электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа. Адсорбционные свойства изучались по отношению к МК; анализ изотерм показал хорошее соответствие модели Ленгмюра при низких концентрациях.

Ключевые слова: рисовая шелуха; диоксид кремния (SiO_2); раствор KOH; термогравиметрия (TG/DTG/DTA); электронная микроскопия; элементный состав; адсорбционная изотерма; модель Ленгмюра.

KIRISH

Qishloq xo‘jaligida eng ko‘p hosil bo‘ladigan eng ko‘p qoldiqlardan biri sholi po‘stlog‘i hisoblanadi. U butun dunyoda yiliga 1.2 milliard tonna hosil bo‘ladi [1-3]. Chiqindi sholining 20% ni tashkil qiladi [4]. Quritilgan sholi po‘stlogining kelib chiqishi va turiga qarab tarkibida 15-28% gacha SiO_2 uchraydi [5]. Sholi po‘stlog‘i issiqlik, texnologik bug‘ va elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun qozonlarda yoqilg‘i sifatida ishlatiladi [6]. Issiqlik energiyasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri sholi po‘stlog‘ini yoqish va havo oqimini berish orqali amalga oshiriladi. Kichik texnologik sanoat tarmoqlari va kam quvvatli stasionar qozonlarda yoqilg‘i sifatida SHP dan foydalanadi. Amaliy natijalar 1 MVt energiya ishlab chiqarish uchun taxminan 1 tonna sholi po‘stlog‘i sarflanishini ko‘rsatadi va bu esa ishlab chiqarish uchun yoqilg‘i sifatida sholi po‘stlog‘idan samarali foydalanishni taqozo etadi.

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, g‘ishtli pechlarda maishiy energiya olishda muqobil yoqilg‘i sifatida ham sholi po‘stlog‘i ishlatiladi [7]. Sholi po‘stlog‘ini qayta ishlashda ko‘p yillik ilmiy tajribaga qaramasdan o‘simlik xomashyolari, shu jumladan sholi po‘stlog‘i asosida kremniy dioksidi bilan lignin va sellyulozani o‘z ichiga olgan materialni birgalikda ishlab chiqarishga asoslangan texnologiyalar mavjud emas. Mavjud texnologiyalar kremniy xloridi va organik birikmalaridan SiO_2 nanozarrachalarini sintez qilishga asoslangan. Sholi po‘stlog‘ini qayta ishlash bo‘yicha ishlab chiqilgan texnologiyalar kremniy dioksidni ajratib olishga qaratilgan bo‘lib, ular polimer kompozit materiallar uchun to‘ldiruvchi sifatida qo‘llanilib kelinmoqda [8].

Muayyan o‘lchamdagi nanozarrachalarni ishlab chiqarish bilan bir qatorda, ishlab chiqarish texnologiyasi qimmat reaktivlar va katalizatorlardan foydalanish, sintezning yuqori harorati (1500°C gacha) bilan bog‘liq energiya sarfi va texnologik siklda zararli gazlar va boshqa moddalar hosil bo‘lishi ushbu texnologiyaning asosiy kamchiliklaridan biri hisoblanadi.

Ushbu jarayonining yuqoridagi kamchiliklari o‘simlik materiallarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqishni talab qiladi, natijada atrof-muhitga zararli salbiy ta’sirni kamaytiradi va ular asosida kremniy dioksidi va faollantirilgan uglerod ishlab chiqarish imkonini beradi.

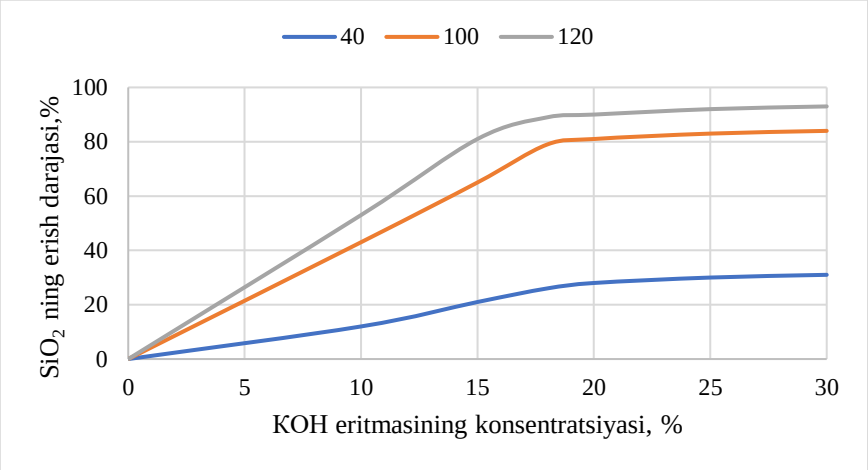
TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tayyor maxsulotni (SiO_2) olish usuli dastlab sholi po‘stlog‘i ishqorda 120°C qizdiriladi. Kremniy komponentlarini erituvchi sifatida KOH eritmasi ishlatildi. Ishqor konsentrasiyasi va sarfi, qizdirish jarayonining davomiyligi ta’siri o‘rganildi.

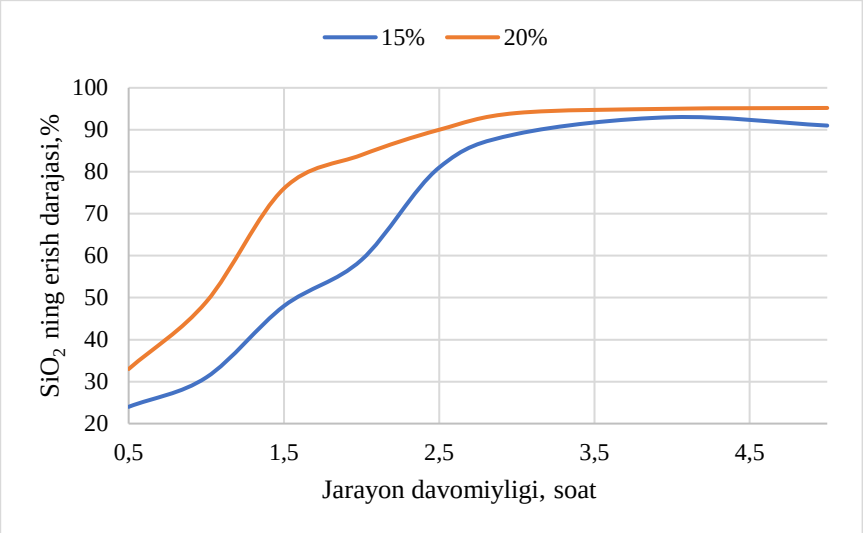
Xomashyoni ishqorda qizdirish eruvchan va erimaydigan qismlarga ajralishiga olib keladi. Ulardan birinchisi kaliy silikat shaklidagi kremniyli birikma va erigan lignindan iborat. Shu sababli, bu usul lignin va sellyulozani alohida ajratish uchun ishlatilishi mumkin, chunki sellyuloza qattiq fazada qoladi [9].

Eritmadagi ishqor konsentrasiyasini, sholi po‘stlog‘i/eritma nisbati va qizdirish haroratini kremniyli komponentlarning erish darajasiga ta’sirini o‘rganish natijalari 1-2 rasmlarda ko‘rsatilgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Turli haroratlarda SiO_2 ning erish darajasining KOH konsentrasiyasiga bog‘liqligi. Qizdirish davomiyligi 2 soat.



2-rasm. SiO_2 ning erish darajasining KOH ning turli konsentrasiyasida ishqoriy ishlov berish jarayoni davomiyligiga bog‘liqligi. Qizdirish harorati 120°C.

Ushbu usulning vazifalaridan biri sholi po‘stlog‘idan kremniy dioksidini yuqori darajada ajratib olishdan iborat. Shu bilan birga, energiya va reagentlar sarfini kamaytirish masalasi ham bo‘lib, bu birinchidan, tayyor mahsulotlarni tayyorlash xarajatlarini, ikkinchidan atrof muxitga salbiy ta’sirini kamaytirishga imkon beradi.

1-rasmda shuni ko‘rishimiz mumkinki maksimal darajada kremniy dioksidini erishi ishqoriy reagent konsentrasiyasi 18-20% bo‘lganda erishilgan. ShP/KOH nisbatini dastlabki kattaliklarda saqlagan holda konsentratsiyani 40% dan oshishi, aksincha, sholi po‘stlog‘ining kul qismining erish darajasini kamayishiga olib keladi. Ushbu omil birinchi navbatda erituvchi miqdorining kamayishi bilan bog‘liqdir.

ISSN 3030-3907

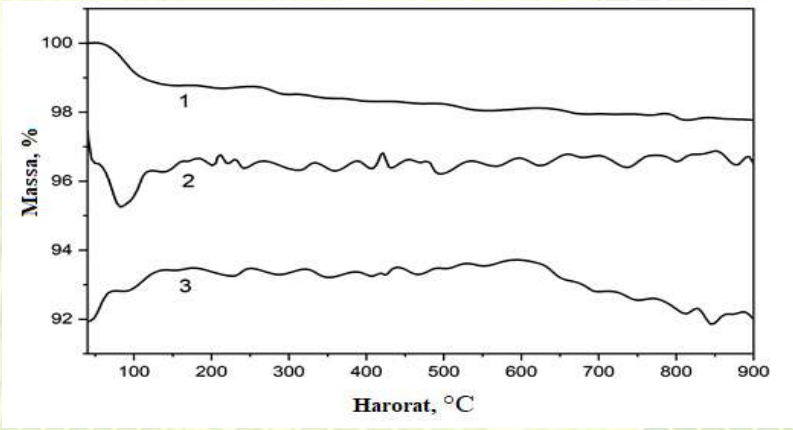
ShP ni 20% KOH eritmasi bilan 120°C haroratda qizdirish kremniyli birikmalarning 90% dan ortiq miqdorining suyuq fazaga o‘tishiga olib keladi, bu dastlabki sholi po‘stlog‘i massasining 17% dan ko‘prog‘ini tashkil qilishini 2-rasmdan ko‘rishimiz mumkin.

Ishqor eritmasida qizdirilgandan so‘ng hosil bo‘lgan aralashmalar filtrlab olindi. Olingan filtrat asosan kaliy silikatdan iborat edi. Qattiq fazaning massasi taxminan 50-55 g ni tashkil etdi. Kremniy dioksidini ajratib olish uchun filtrat HCl ning 1 M li eritmasi bilan neytrallandi. pH=9-9,5 da silikat kislotasi cho‘kishni boshladi va eritma pH=7 ga keltirildi. Eritma filtrlanadi va silikat kislotasi ajratib olindi. Eritmada qolgan ligninni ajratishda unga kislota eritmasi qo‘shilib pH ni 3,7-4,0 gacha kamaytirilishi kerak, natijada lignin oq cho‘kma shaklida ajraladi.

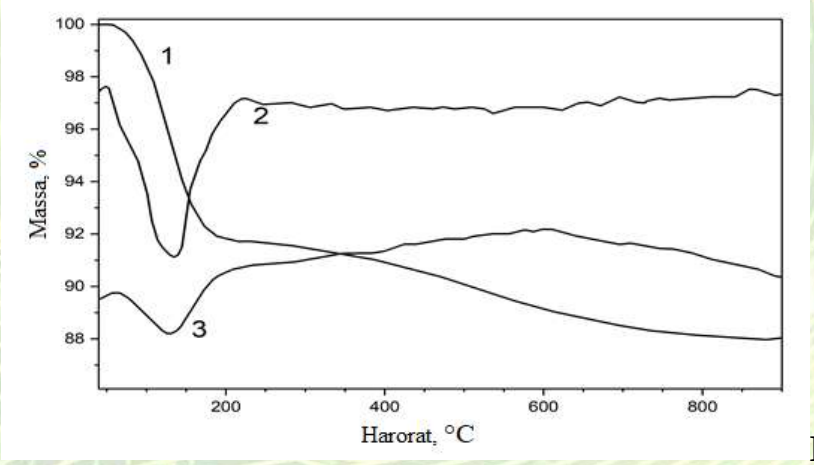
Olingan kremniy dioksidi 105±1°C haroratda quritilishi lozim. Filtrlangan lignin va sellyuloza faollantirilgan uglerodni olish uchun pirolizlanadi.

NATIJALAR VA MUHOKAMALAR.

Sholi po‘stlog‘i asosida kremniy dioksid ishlab chiqarish usuliga qarab xususiyatlari jihatidan farq qilishi mumkin. Turli usullarda ajratib olingan kremniy dioksidi namunalarining tuzilishini aniqlash bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazildi. Ushbu kremniy dioksidi namunalarning termik tahlil natijalari 3-rasmda berilgan.



A)



B)

3-rasm. ShP asosida olingan kremniy dioksidining termogrammalari: A) 1KD; B) 2KD. 1) TG; 2) DTG; 3) DTA

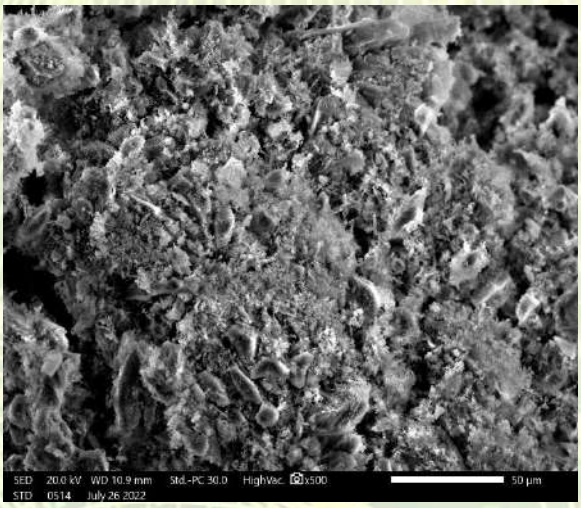
ISSN 3030-3907

1KD namunasining termogravimetrik tahlilidan ko‘rinib turibdiki, egri chizig‘idagi 2 ta keskin o‘zgarish haroratga bog‘liq holda massa o‘zgarishi kuzatilmoqda. Dastlab massa kamayishi 90-92°C da sodir bo‘lib 200°C gacha davom etgan. Natijada massaning kamayishi 1,13% ni tashkil qilgan. Bu holda massaning kamayishi suvning ajralib chiqishi va H_2SiO_3 ning suvsiz shaklga o‘tishi bilan bog‘liq.

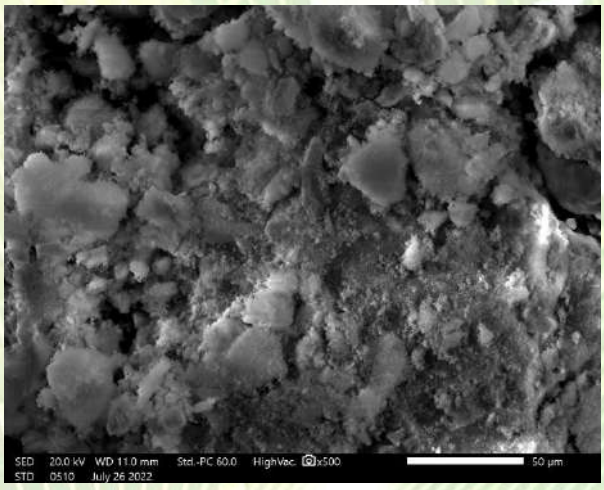
Qizdirish davom ettirilib ikkinchi marta massaning kamayishi 298°C da sodir bo‘ladi va bu haroratda massa taxminan 0,68% ga kamayib, bu kimyoviy bog‘langan suvning ajralishi va kremniyli birikmalarning to‘liq suvsizlanishiga mos kelishi mumkin. Keyinchalik 900°C gacha qizdirilganda massa kamayishi 0,36-0,40% ni tashkil qiladi, bunda amorf kremniy dioksidining asosiy qismi kristall xolatiga o‘tadi.

2KD namunasi termogrammadagi egrilarining intensivligi bilan farq qilishi massaning o‘zgarishini ifodalaydi. Shunday qilib, egri chiziqning birinchi egilishi 96°C dan ortiq haroratda kuzatiladi va massaning intensiv kamayishi 221°C gacha davom etadi. Shu bilan birga, umumiy kamayish birinchisiga nisbatan kattaroq qiymatlarda bo‘lib, taxminan 5,78% ni tashkil etadi. Keiyngi horaratlarda suvni ajralishi yuqori bo‘lib, bu jarayon 296-313°C da 1,89%, 800-860°C da 0,26% ni tashkil qiladi.

Termogravimetrik analiz natijalari turli xil sharoitlarda olingan kremniy dioksid tarkibidagi farqni ko‘rsatadi. Shu sababli tadqiqotning keyingi bosqichi kremniy dioksid namunalarining sirt yuzasi morfologiyasi va element tarkibini aniqlashdan iborat bo‘ldi 4.1. va 4.2-rasm.



4.1-rasm. 1KD namunasining elektron-mikroskopik tasvirlari va rentgen mikroanalizi.



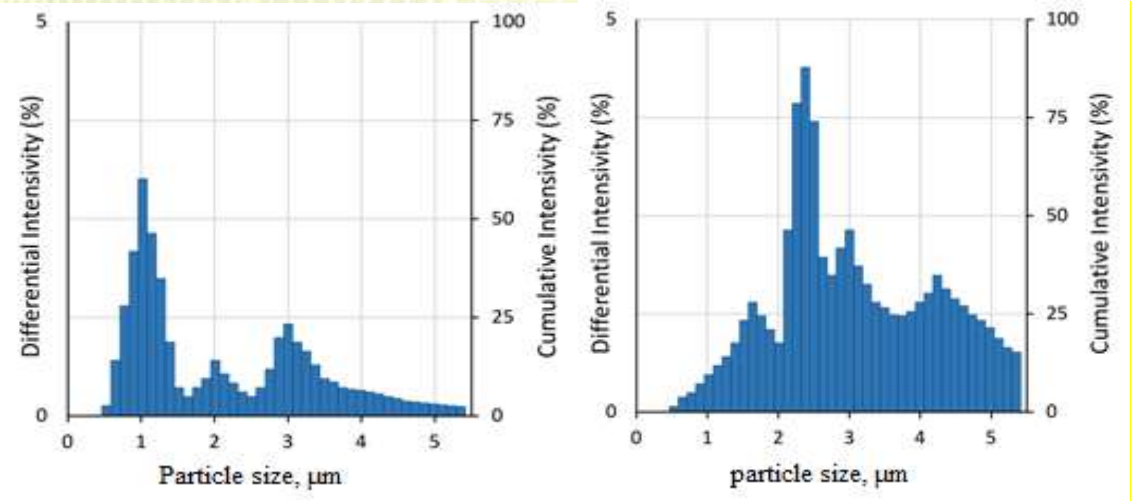
4.2-rasm. 2KD namunasining elektron-mikroskopik tasvirlari va rentgen mikroanalizi.

1KD va KD namunalarining turli xil tuzilishda ekanligi xaqidagi dastlabki fikrlarni 4.1. va 4.2-rasmlar isbotlaydi. 1KD namunasi zarrachalar hajmi va holati

ISSN 3030-3907

hamda bu zarralarning agregatlar yuzasidagi joylashuvi bo‘yicha farq qiladi. 1KD namunasi uchun uzunligi 2,9 dan 6,5 mkm gacha va eni 2,9 va 1,1 mkm bo‘lgan agregatlar xos bo‘lsa, 2KD namunasi uzunligi va kengligi mos ravishda 7 va 3,9 mkm bo‘lgan zarralar bilan ifodalanadi. 1KD namunasidagi o‘zaro bog‘langan agregatlar orasidagi g‘ovaklar 0,16 dan 1,61 mkm gacha bo‘lgan o‘lchamlarga ega va umumiy g‘ovaklarga nisbatan ushbu g‘ovaklar ulushi 30%, shuningdek 2KD uchun esa 12% dan oshmaydi. Biroq, olingan mikrotasvirlar asosida mikro va mezo g‘ovaklarni aniqlashning imkoni mavjud emas. Shuningdek, olingan mikrotasvirlar asosida mikro va mezoporlarni aniqlab bo‘lmaydi. Birinchi va ikkinchi holatlardagi namunalar ikki-uch xil o‘lchamdagi zarrachalardan iborat ekanligini yoki ushbu tizim aralashma shaklida bo‘lib u ichida ko‘p sonli kichik va turli zarrachalardan iborat bo‘lgan katta agregatlardan tashkil topganligini aniq tasvirlashning iloji yo‘q.

Shuning uchun, zarracha o‘lchamini aniqlash uchun gidrodinamik tarkibini aniqlash bo‘yicha tahlillar o‘tkazilib, ularda 1% li jelatin eritmasida 0,1% li kremniy dioksidning eritmalari tayyorlandi. Biroq, gidrodinamik o‘lcham qiymatlariga kremniy dioksidni aralashtirish usuli ta’sir etadi, chunki, ushbu amorf oksid past mexanik mustaxkamlik bilan ifodalanadi. Shuningdek KD eritmalarining namunalarini tayyorlash 1 g kremniy dioksid va 1 dm^3 1 % jelatin eritmasi bilan 2 litrli kolbada aralashtirish orqali amalga oshirildi. Olingan ma’lumotlar 4.4-rasmda keltirilgan.



1) **2)**

5-rasm. Kremniy dioksid zarralarining taqsimlanishi: 1) 1KD; 2) 2KD.

Gistogrammadan ko‘rinib turibdiki, 1KD namunasidagi zarralarning taqsimlanishi asosan 0,5 dan 1,2 mkm gacha bo‘lgan o‘lchamdagi zarralardan iborat. 1,5-2,2 mkm o‘lchamdagi fraksiyali zarralar 25%, va 3 mkm dan kattalari 21-23% dan ortiq. 2KD namunasining dispersligi keng oraliqda farq qiladi. 0,1 mkm dan kichik (taxminan 2%) zarralar, shuningdek, 10 mkm dan katta zarrachalar

ISSN 3030-3907

11-12% ni tashkil qiladi. Zarralarning asosiy qismi 1,5-2 va 2,2-3 mkm o‘lchamlardan iborat.

Kremniy dioksidning ikkita namunasi yuzasining morfologiyasi turliligi bilan bir qotarda element tarkiblari orasidagi farqlarni aniqlashga erishildi, natijalar 1 va 2-jadvalda berilgan.

1-jadval.

Kremniy dioksidi namunalarining element tarkibi, % massa

Namuna	S	O	Na	Al	Si	Cl	K	Mg	R	S	Ca	Fe
1KD	3,26	859	0,22	0,19	45,5	0,25	1,85	-	-	-	0,13	-
2KD	5,89	9,21	0,61	0,28	40,5	0,10	1,01	0,89	0,33	0,28	0,45	0,26

2-jadval.

Kremniy dioksidi namunalarining element tarkibi, % atom

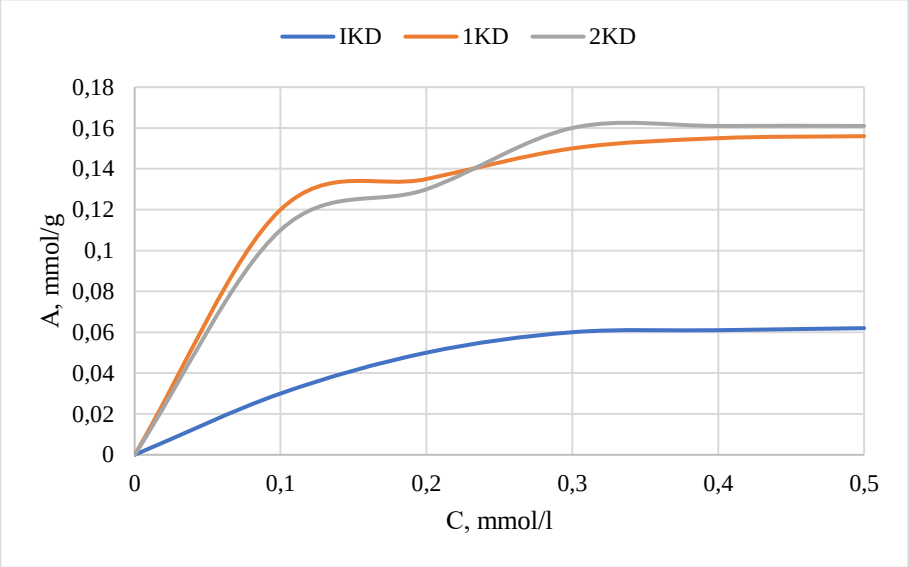
Namuna	S	O	Na	Al	Si	Cl	K	Mg	S	Ca	Ti	Fe
1KD	5,43	60,6	0,19	0,14	32,5	0,14	0,95	-	-	0,07	-	-
2KD	9,52	59,7	0,51	0,20	28,1	0,05	0,50	0,72	0,17	0,22	0,05	0,09

Ushbu 1 va 2-jadvallardagi ma’lumotlardan ko‘rish mumkinki ularning kul tarkibidagi moddalarning yig‘indisi ya’ni har xil metallar oksidlarining miqdorlari bilan farqlanadi. Natriy, alyuminiy, kalsiy va kaliy oksidlarining umumiy miqdori 1KD tarkibida 3,07% ni, 2KD uchun esa 3,78% ni tashkil etadi. Shu bilan birga, oksid tarkibida titan, temir hamda magniy oksidlarini ham uchraydi. Ikkinchi namunada (2KD) metall bo‘lmagan qo‘shimchalar fosfor va oltingugurt birikmalari ham aniqlangan. Ehtimol, birinchi usulda piroliz jarayonning boshida yuqori haroratda sholi po‘stlog‘i tarkibidagi fosforli va oltingugurtli (ehtimol azotli) organik birikmalarni parchalanishiga olib keladi, natijada undan ajratib olingan kremniyli birikmalar va karbonizat tarkibida ushbu elementlar aniqlanmagan. Aksincha, ikkinchi usulda kremniy pirolizsiz ya’ni ishqor va kislota eritmasi bilan ketma-ket ishlov berishni o‘z ichiga oladi, shuningdek, ajratilgan kul qoldiqlarini quritish bilan birga kremniy dioksidning yondosh birikmalari bilan ifloslanishga olib keladi. Buning sababi, birinchi usul bilan olingan namunada kremniy ulushi kattaroq bo‘lib 45,51% va ikkinchi usulda esa 40,56% tashkil qiladi. Agar ushbu ma’lumotlardan har bir namunadagi kremniy dioksid miqdorini aniqlansa, 1KD va 2KD namunalar uchun mos ravishda 97,52 va 86,91%.

ISSN 3030-3907

Dunyo ilmiy-texnik adabiyotlari tahlilidan ma’lumki, boshlang‘ich holatidagi sholi po‘stlog‘i oqava suvlardagi ko‘plab organik va noorganik ifloslantiruvchi moddalarga nisbatan adsorbsiya faolligiga ega. Ayniqsa, ShP namunalari Cd(II), Pb(II), Co(II), Cu(II), Ni(II), Zn(II), Hg(II), Fe(III) ionlari va boshqalarni adsorbsiyalash xususiyatlari [121; 319-32 b.] ishda keng yoritilgan.

O‘rganilayotgan namunalarda MK adsorbsiyasi jarayonlari o‘rganilib, olingan natijalar 6-rasmda keltirilgan.



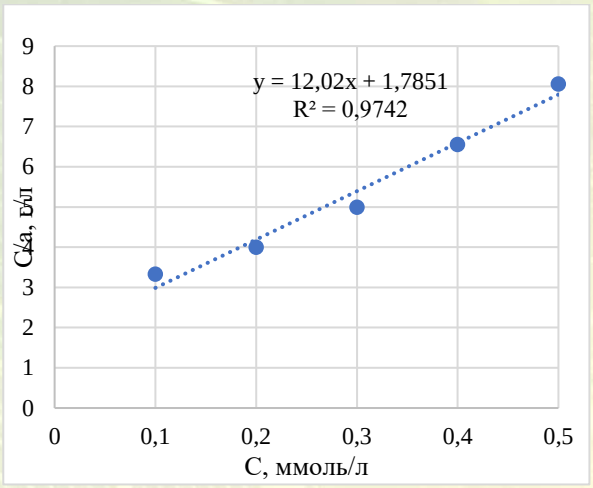
6-rasm. Kremniy dioksidi namunalarida MK adsorbsiyasi izotermasi.

IKD namunasining kationli bo‘yoqga nisbatan adsorbsiya faolligi past ekanligini 6-rasmdan ko‘rish mumkin. Bunda adsorbsiya miqdori bir tekisda ortib, maksimal adsorbsiya qiymatiga, ya’ni 0,06 mg/g kiymatga 0,27 mmol/l bo‘lgan muvozonat konsentrasiyasida etadi. IYUPAK klassifikasiyasiga binoan izoterma L-shaklga mansubligini ko‘rishimiz mumkin.

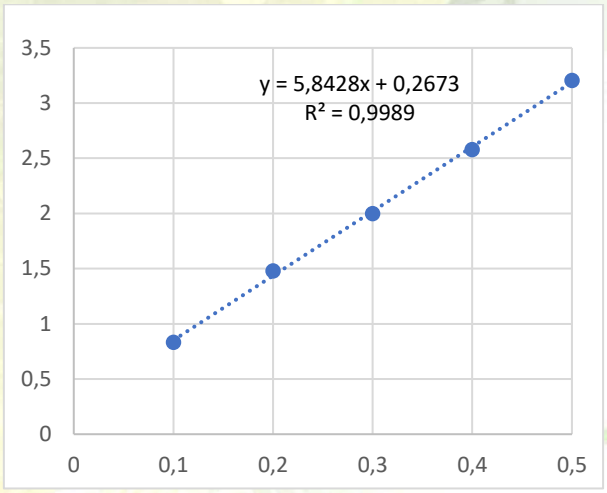
1KD va 2KD adsorbsiya izotermalari shakl jihatidan bir-biridan farq qiladi, ammo adsorbsiya muvozanat konsentrasiyasi (S=0,3 mmol/l) qiymatlari bir xil bo‘lib, bu sharoitlardagi adsorbsiya maksimal qiymatlari mos ravishda 0,15 va 0,16 mmol/g tashkil etadi. 2KD namunasi uchun S-shaklidagi izotermadan quyidagi xulosa qilish mumkin: adsorbentlarga bo‘yoq ionlarining adsorbsiyalanish jarayonining birinchi bosqichida fazalar chegarasida massa almashinuvi va 2KD yuzasida bo‘yoqlarning o‘zaro ta’siri muhim rol o‘ynaydi. Shu bilan birga, adsorbsiya miqdorining barqarorlashuvi 0,12-0,19 mmol/l muvozanat konsentrasiyasi oralig‘ida kuzatiladi. Adsorbat zarrachalarini joylashishi mumkin bo‘lgan g‘ovakliklariga ichki diffuziyasi natijasida keyinchalik adsorbsiya miqdorining yanada ortishi, yutilgan moddalar zarrachasining adsorbent yuzasiga qayta yutilishidir.

ISSN 3030-3907

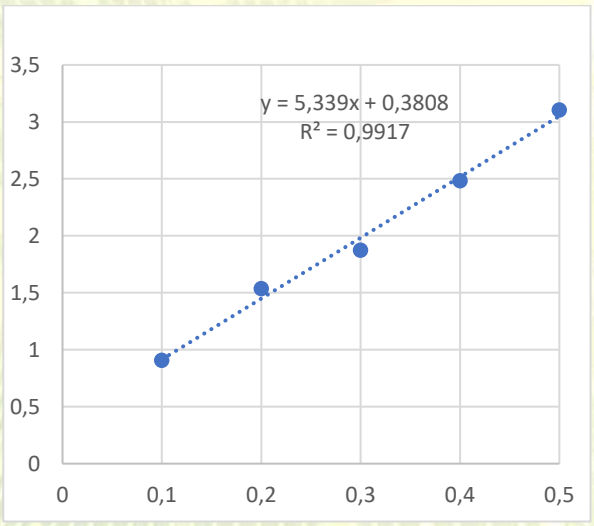
Erigan birikma zarrachalariga adsorbentning ichki yuzasida sorbsiyalanishiga xissa qo‘shuvchi mos keluvchi o‘lchamdagi g‘ovaklarga adsorbat zarrachalari ichki diffuziyasi natijasida adsorbsiya miqdorining yanada oshishi kuzatiladi.



A)



B)



D)

7-rasm. Namunalari MK adsorbsiyasi izotermasi: 1) IKD; 2) 1KD; 3) 2KD chiziqli Lengmyur tenglamasi koordinatalarida.

Diagrammaning ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, o‘rganilayotgan namunalarda MK adsorbsiyasini ifodalash uchun Lengmyur tenglamasini past konsentrasiyalarida qo‘llash mumkin, bu korrelyasiya koeffisientining R^2 nisbati yuqori qiymatlari bilan isbotlanadi. Ma’lumki, Lengmyur tenglamasining qo‘llanilishi adsorbsiyaning adsorbent yuzasida borishining monomolekulyar va lokallashganligini, hamda energetik jihatdan ekvipotensialligini, ya’ni adsorbentning to‘liq yuzasi bo‘ylab adsorbsion markazlarini adsorbat bilan o‘zaro ta’sir energiyasi bir xil qiymatga ega va tizimda lateral o‘zaro ta’sir mavjud emasligini taxmin qiladi.

Xulosa qilib, sholi po‘stlog‘idan kremniy dioksidini ishqoriy ekstraksiya usuli orqali samarali ajratib olish mumkinligi aniqlandi. Optimal sharoit sifatida 18–20% KOH eritmasi va 120°C haroratda SiO_2 ning yuqori darajada erishi

ISSN 3030-3907

kuzatildi. Olingan namunalar termogravimetrik, elektron mikroskopik va rentgen mikroanaliz usullari yordamida o‘rganilib, ularning tarkibi va tuzilish xususiyatlari aniqlandi. Adsorbsion tadqiqotlar natijasida past konsentratsiyalarda jarayon Langmyur modeli bo‘yicha yaxshi ifodalanishi ko‘rsatildi. Kelgusida olingan kremniyli materiallarning adsorbsion xossalarini chuqurroq o‘rganish hamda qoldiq lignin va sellyulozadan faollantirilgan uglerod olish texnologiyasini takomillashtirish bo‘yicha tadqiqotlar olib boriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. An, D., Guo, Y., Zhu, Y., & Wang, Z. (2010). A green route to preparation of silica powders with rice husk ash and waste gas. Chemical Engineering Journal, 162(2), 509-514.
2. Ng, E. P., Awala, H., Tan, K. H., Adam, F., Retoux, R., & Mintova, S. (2015). EMT-type zeolite nanocrystals synthesized from rice husk. Microporous and Mesoporous Materials, 204, 204-209.
3. Zhang, H., Ding, X., Chen, X., Ma, Y., Wang, Z., & Zhao, X. (2015). A new method of utilizing rice husk: Consecutively preparing d-xylose, organosolv lignin, ethanol and amorphous superfine silica. Journal of Hazardous Materials, 291, 65-73.
4. Rodriguez-Otero, A., Vargas, V., Galarneau, A., Castillo, J., Christensen, J. H., & Bouyssiere, B. (2023). Sustainable Harnessing of SiO2 Nanoparticles from Rice Husks: A Review of the Best Synthesis and Applications. Processes, 11(12), 3373.
5. Chen, H., Wang, W., Martin, J. C., Oliphant, A. J., Doerr, P. A., Xu, J. F., Sun, L. (2013). Extraction of lignocellulose and synthesis of porous silica nanoparticles from rice husks: a comprehensive utilization of rice husk biomass. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 1(2), 254-259.
6. Chungsangunsit, T. Environmental assessment of electricity production from rice husk: A case study in Thailand Electricity Supply Industry in Transition / T. Chungsangunsit, S.H. Gheewala, S. Patumsawad // Issues and Prospect for Asia. – 2010. – No. 20. – P. 51-62.
7. Thipwimon, C. Emission Assessment of Rice Husk Combustion for Power Production / C. Thipwimon, H.G. Shabbir, P. Suthum // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2009. – V. 3. – No. 5. – P. 1070-1075.
8. Ниязова Дилноза Бахтиеровна, Мамажонов Баходиржон Мадаминович, Хошимов Шахром Мансурович, Абдикамалова Азиза Бахтияровна, Эшметов Иззат Дусимбатович, Маматалиев Нозим Нимаджонович, Калбаев Алишер Максетбаевич СИНТЕЗ ИЕРАРХИЧЕСКИХ КРЕМНЕЗЁМНЫХ СТРУКТУР (SiO2) ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ // Universum: химия и биология. 2025. №12 (138). URL:

ISSN 3030-3907

https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-ierarhicheskih-kremnezyomnyh-struktur-SiO2-dlya-kataliticheskogo-razlozheniya-organicheskih-zagryazniteley

9. Askarova, D., Khoshimov, S., Paygamov, R., Abdikamalova, A., & Eshmetov, I. (2025, July). Advancing carbon adsorbents from biomass: Physicochemical analysis of Licorice root waste. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3304, No. 1, p. 040011). AIP Publishing LLC.

ISSN 3030-3907

MINTAQAVIY IJTIMOIY-IQTISODIY RIVOJLANISHNI BOSHQARISHNING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

Ergashev Sherali Erali o‘g‘li

Buxoro davlat texnika universiteti, mustaqil izlanuvchi

Annotatsiya. Maqolada mintaqaviy ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni boshqarishning o‘ziga xos xususiyatlari tizimli va qiyosiy tahlil qilingan. Mintaqaviy boshqaruvning tizimli murakkablik, ko‘p darajalik, inersionlik, mahalliy kontekst va tashqi omillar ta’siri kabi beshta asosiy xususiyati zamonaviy ilmiy yondashuvlar asosida aniqlangan va chuqur tavsiflab berilgan. Xalqaro tajriba — Yevropa Ittifoqi, Xitoy va Rossiya Federatsiyasi misolida — mintaqaviy boshqaruvning turli modellari tahlil etilgan. O‘zbekiston mintaqalarining spesifik xarakteristikalari, tarixiy-madaniy stratifikatsiyasi, gidrografik determinizmi va agrar-industrial dualizmidan kelib chiquvchi differensiatsiyalashtirilgan boshqaruv zarurati asoslab berilgan. Akademik S.S.G‘ulomov metodologiyasi asosida ishlab chiqilgan mintaqaviy tipologiya va steykxolderlar tahlili taqdim etilgan. Zamonaviy raqamli boshqaruv paradigmasi hamda O‘zbekiston uchun mintaqaviy avtonomiyani kengaytirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: mintaqaviy boshqaruv, tizimli murakkablik, ko‘p darajali boshqaruv, inersionlik, mahalliy kontekst, O‘zbekiston mintaqalari, mintaqaviy tipologiya, raqamli transformatsiya, steykxolderlar tahlili, ijtimoiy kapital.

Аннотация. В данной статье проведён систематический и сравнительный анализ специфических особенностей управления региональным социально-экономическим развитием. Выявлены и подробно охарактеризованы пять основных особенностей регионального управления: системная сложность, многоуровневость, инерционность, важность локального контекста и сильное влияние внешних факторов. Проанализирован международный опыт регионального управления на примере Европейского Союза, Китая и Российской Федерации. Обоснована необходимость дифференцированного подхода к управлению регионами Узбекистана с учётом их специфических характеристик. Разработаны практические рекомендации по расширению региональной автономии и цифровой трансформации системы управления.

Ключевые слова: региональное управление, системная сложность, многоуровневое управление, инерционность, локальный контекст, регионы Узбекистана, цифровая трансформация, стейкхолдеры, социальный капитал, региональная типология.

Abstract. This article provides a systematic and comparative analysis of the specific features of managing regional socio-economic development. Five core characteristics of regional governance are identified and comprehensively

ISSN 3030-3907

described: systemic complexity, multi-level structure, inertia, significance of local context, and strong external factor influence. International experience in regional governance is examined through the lens of the European Union, China, and the Russian Federation. The necessity of a differentiated approach to managing Uzbekistan's regions is substantiated in light of their historical-cultural stratification, hydrographic determinism, and agrarian-industrial dualism. Regional typology based on Professor S.S.Gulomov's methodology and a stakeholder analysis are presented. The modern digital governance paradigm and practical recommendations for expanding regional autonomy and digital transformation of the governance system in Uzbekistan are elaborated.

Keywords: regional governance, systemic complexity, multi-level governance, inertia, local context, regions of Uzbekistan, digital transformation, stakeholders, social capital, regional typology.

KIRISH

Mintaqaviy ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni boshqarish bir qator o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lib, ularni tizimli tahlil qilish zamonaviy iqtisodiy fanning muhim vazifasi hisoblanadi. Mintaqaviy boshqaruvning spesifik xarakteri umumiy boshqaruv nazariyasi qoidalarining mintaqaviy kontekstda transformatsiyalanishi bilan izohlanadi. Xarold Richardson (1973) ta’kidlaganidek, mintaqaviy boshqaruv makoniy geterogenlik, vaqtiy asinxronlik va institutsional polimorfizm xususiyatlari bilan xarakterlanib, bu uni milliy darajadagi boshqaruvdan tubdan farqlantiradi.

O‘zbekistonda 2020–2024 yillar davomida yalpi ichki mahsulot 606,0 trln so‘mdan 1454,6 trln so‘mga yetib, 2,4 barobar o‘sgan. Buxoro viloyatida YaHM hajmi 2,03 marta oshgan, asosiy kapitalga investitsiyalar 4,24 marta kengaygan [O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi, 2024]. Ushbu miqdoriy ko‘rsatkichlar mintaqaviy rivojlanishdagi ijobiy dinamikani ko‘rsatishi bilan birga, mintaqalar o‘rtasidagi iqtisodiy tafovutlarning hali ham sezilarli darajada saqlanib qolayotganini ham tasdiqlamoqda. Shu sababli, mintaqaviy boshqaruvning o‘ziga xos xususiyatlarini chuqur o‘rganish, ularni tizimlashtirish va zamonaviy talablar asosida takomillashtirish dolzarb ilmiy vazifa bo‘lib qolmoqda.

Tadqiqotning maqsadi mintaqaviy ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishni boshqarishning o‘ziga xos xususiyatlarini tizimli tahlil qilish, O‘zbekiston mintaqalarining spesifik xarakteristikalarini aniqlash va zamonaviy mintaqaviy boshqaruv paradigmasini takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqotda tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil va institutsional tahlil usullaridan foydalanilgan.

ISSN 3030-3907

Mintaqaviy boshqaruv xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy adabiyotlarni ikki asosiy guruhga bo‘lish mumkin. Birinchi guruh — umumiy boshqaruv nazariyasi va uning mintaqaviy kontekstga tatbiqi: O.V.Kuznesova (2013), A.I.Tatarkin (2016), A.G.Granberg (2000) asarlari. Ikkinchi guruh — ko‘p darajali boshqaruv nazariyasi va mintaqaviy siyosat: L.Xuge va G.Marks (2003), Y.Baxtler (2010), R.Kapello (2015) tadqiqotlari. Uchinchi guruh — mahalliy kontekst va ijtimoiy kapital: R.Putnam (1993), M.Storper (1997) ishlari. O‘zbekiston mintaqaviy xususiyatlariga oid tadqiqotlar: I.I.Iskandarov (2017), S.S.G‘ulomov (2019) asarlari alohida o‘rin egallaydi.

Tadqiqotda qo‘llangan metodologiya quyidagi asosiy yondashuvlarni o‘z ichiga oladi: (1) tizimli tahlil — mintaqaviy boshqaruvni yaxlit, o‘zaro bog‘liq elementlardan tashkil topgan tizim sifatida o‘rganish; (2) qiyosiy tahlil — xalqaro tajribani O‘zbekiston sharoitida tatbiq etish imkoniyatlarini baholash; (3) institutsional tahlil — rasmiy va norasmiy institutlarning mintaqaviy rivojlanishdagi rolini aniqlash; (4) statistik tahlil — O‘zbekiston mintaqalari bo‘yicha 2015–2024 yillar ma’lumotlarini qayta ishlash. Manbalar sifatida O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligining rasmiy ma’lumotlari, xalqaro tashkilotlar (Jahon banki, BMT Taraqqiyot dasturi) hisobotlari va ilmiy jurnallar maqolalari qo‘llanilgan.

Birinchi xususiyat — mintaqaning tizimli murakkabligi. O.V.Kuznesova (2013) ta’kidlaganidek, mintaqa iqtisodiy, ijtimoiy, tabiiy-resurs, infratuzilma, institutsional va innovatsion podsistemalarni o‘z ichiga oladi. A.I.Tatarkin (2016) mintaqaviy tizimning emerjent xususiyatlarini alohida ta’kidlaydi: bu xossalar tizim elementlarining yig‘indisida mavjud bo‘lmay, faqat ularning o‘zaro ta’siri natijasida paydo bo‘ladi. Masalan, birgina infratuzilma yoki birgina ta’lim darajasining yaxshilanishi sinergetik natija bermasligi mumkin, ammo ularning birgalikdagi taraqqiyoti mintaqada sifat jihatdan yangi iqtisodiy o‘sish traektoriyasini shakllantiradi.

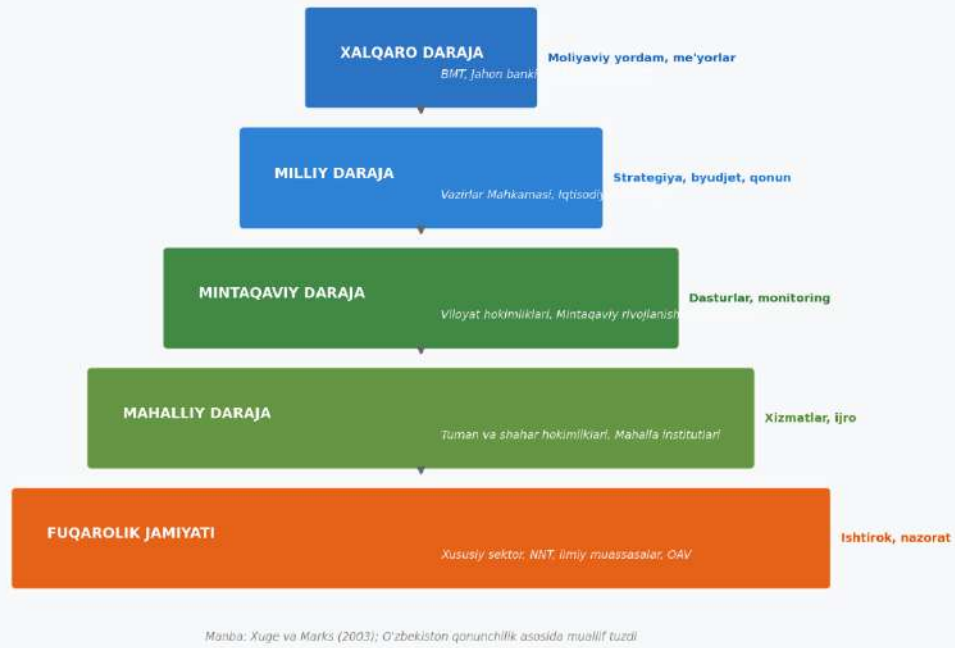
Mintaqaviy tizimning murakkabligini Buxoro viloyati misolida ko‘rish mumkin: viloyatda neft-kimyo sanoati, qishloq xo‘jaligi, turizm va ta’lim tarmoqlari bir-biri bilan murakkab aloqalar tizimida bog‘liq. Ushbu tarmoqlarning rivojlanishi umumiy infratuzilma, suv resurslari va inson kapitali manbalari uchun raqobatlashadi. Shu sababli, mintaqaviy boshqaruvda kompleks, tizimli yondashuv qo‘llash zarur bo‘lib, u alohida tarmoqlar manfaatlarini emas, balki mintaqaning yaxlit rivojlanish traektoriyasini inobatga olishi lozim.

Ikkinchi xususiyat — boshqaruv sub’ektlarining ko‘p darajaliligi. Y.Baxtler (2010) mintaqaviy siyosatda xalqaro (BMT, Jahon banki, YeI), milliy (markaziy hukumat), mintaqaviy (viloyat hokimiyati) va mahalliy (tuman, shahar

ISSN 3030-3907

hokimiyatlari) darajalarni ajratadi. Har bir daraja o‘z funksiyalari, vakolatlari va moliyaviy resurslariga ega. Liesbet Xuge va Gari Marks (2003) ko‘p darajali boshqaruvning ikki tipini ajratadi: birinchi tip — an’anaviy federalizm (aniq chegaralangan vakolatlar, mustaqil moliyalashtirish), ikkinchi tip — funksional boshqaruv (moslashuvchan chegaralar, vazifaga qarab ierarxiya). O‘zbekiston uchrashib turgan markazlashtirilgan-dezmarkazlashtirilgan boshqaruv modeli ushbu tipologiya doirasida aralash xususiyatga ega.

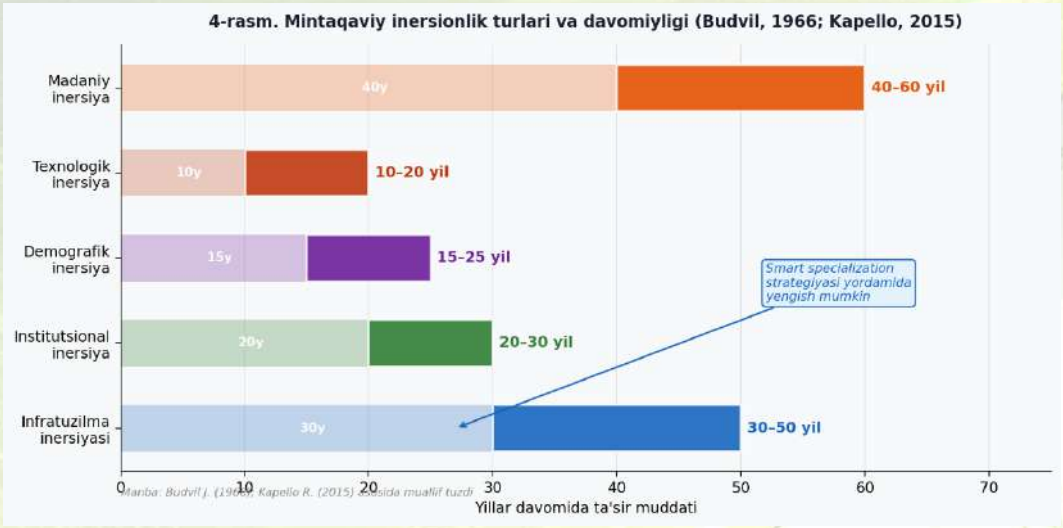
2-rasm. Ko'p darajali mintaqaviy boshqaruv modeli (O'zbekiston)



Manba: Xuge va Marks (2003); O'zbekiston qonunchilik asosida muallif tuzdi

Uchinchi xususiyat — mintaqaviy jarayonlarning inersionligi. Jan Budvil (1966) ko‘rsatganidek, mintaqaviy iqtisodiy tuzilma o‘ta sekin o‘zgaradi: infratuzilma inersiyasi 30–50 yil, institutsional inersiya 20–30 yil, demografik inersiya esa 15–25 yil davomida namoyon bo‘ladi. Bu shuni anglatadiki, bugungi kunda qabul qilingan mintaqaviy siyosat qarorlari o‘zining to‘liq samarasini bir necha o‘n yildan keyingina beradi. Roberta Kapello (2015) mintaqaviy inersiyani yengish uchun “aqlli ixtisoslashuv” (smart specialization) strategiyasini taklif etadi: har bir mintaqa o‘zining tarixiy shakllangan salohiyati va raqobatdosh ustunliklarini aniqlashi, shu asosda investitsiya va innovatsiya resurslarini yo‘naltirishi kerak.

ISSN 3030-3907



To‘rtinchi xususiyat — mahalliy kontekstning muhimligi. Robert Putnam (1993) Italiya mintaqalarini 20 yil davomida tadqiq qilib, ijtimoiy kapital — o‘zaro ishonch, fuqarolik normalari va jamoaviy tarmoqlar — mintaqaviy rivojlanishning hal qiluvchi omili ekanligini empirik asoslab berdi. Shimoliy va janubiy Italiya o‘rtasidagi iqtisodiy tafovutlar asosan ijtimoiy kapital darajasidagi farqlar bilan izohlanadi. Michael Storper (1997) mintaqaviy dunyo (regional worlds) konsepsiyasida mahalliy institutlar, bilimlar va an’analarning birgalikda “mintaqaviy ustunlik” yaratishini ko‘rsatadi. O‘zbekiston mintaqalarida ham bu xususiyat yaqqol namoyon bo‘ladi: Samarqand va Buxoroning tarixiy hunarmandchilik an’analari, Farg‘ona vodiysining to‘qimachilik klasterlarida to‘plangan bilim va ko‘nikmalar mahalliy kontekstning ahamiyatini tasdiqlaydi.

Beshinchi xususiyat — tashqi omillarning kuchli ta’siri. Globallashuv sharoitida mintaqalar ochiq tizimlar sifatida faoliyat yuritib, xalqaro tovar, kapital, texnologiya va inson resurslari oqimlariga tobora ko‘proq bog‘liq bo‘lib qolmoqda. Michael Storper (1997) mintaqaviy dunyo konsepsiyasida global iqtisodiyotda mintaqalarning o‘zaro raqobat qilishini ko‘rsatadi. Xususan, O‘zbekiston mintaqalari uchun Xitoy investitsiyalari, Rossiya bozori (mehnat migrantlari pul o‘tkazmalari), Yevropa texnologiyalari va O‘rta Osiyo mintaqaviy integratsiyasi kabi tashqi omillar muhim ahamiyat kasb etmoqda. 2023 yilda O‘zbekiston YaIMga nisbatan tashqi savdo 60% ni tashkil etganligi ushbu bog‘liqlikni yaqqol ko‘rsatadi.

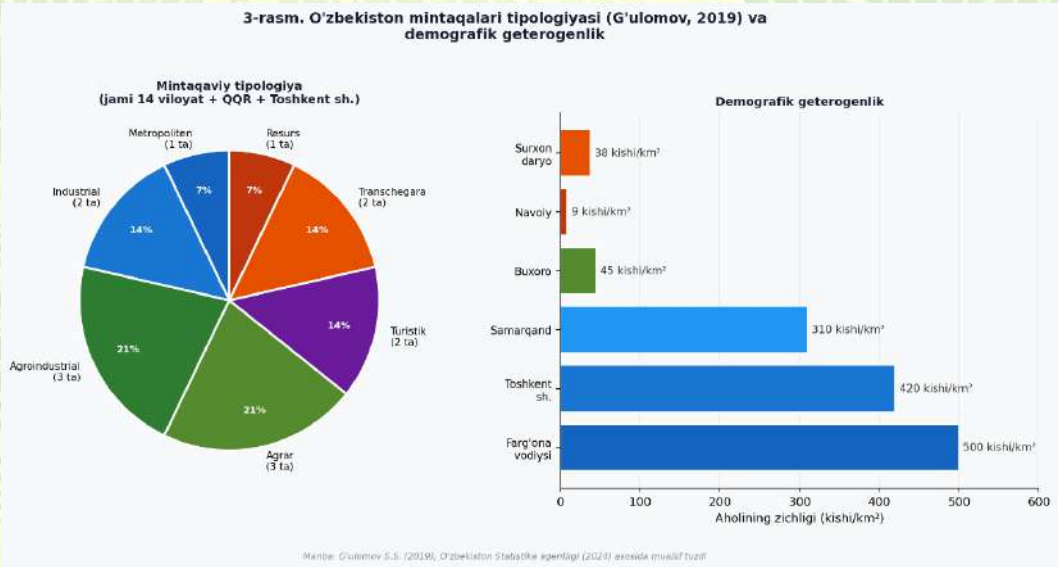
O‘zbekiston mintaqalarining geterogenligi bir qator parametrlar bo‘yicha keskin namoyon bo‘ladi. Demografik zichlik jihatidan: Farg‘ona vodiysida 500 kishi/km² dan Navoiy viloyatida 9 kishi/km² gacha; urbanizatsiya darajasi bo‘yicha: Toshkentda 80% dan Surxondaryoda 31% gacha. Iqtisodiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha: Toshkent shahri butun mamlakat YaIMining 30% dan ortig‘ini ishlab chiqaradi, Xorazm viloyati esa 2% atrofida qolmoqda. Bu tafovutlar mintaqaviy

ISSN 3030-3907

boshqaruvga bir xil, markazlashtirilgan yondashuv samarasizligini ko‘rsatadi va differensiatsiyalashtirilgan siyosatning zarurligini tasdiqlaydi.

Professor I.I.Iskandarov (2017) O‘zbekiston mintaqaviy tizimining beshta spesifik xususiyatini ajratadi. Birinchisi — tarixiy-madaniy stratifikatsiya: Samarqand, Buxoro, Xiva kabi shaharlar ming yillik madaniy qadriyatlar va hunarmandchilik an’analariga ega bo‘lib, bu ulardagi iqtisodiy faoliyat xarakterini belgilaydi. Ikkinchisi — gidrografik determinizm: mamlakatning iqtisodiy xaritasi asosan Amudaryo va Sirdaryo havzalari bo‘ylab shakllanadi; suv ta’minoti mintaqaviy rivojlanishning hal qiluvchi cheklovi hisoblanadi. Uchinchisi — etnokonfessional gomogenlik: bu ijtimoiy barqarorlik va boshqaruv samaradorligi uchun qulay zamin yaratadi. To‘rtinchisi — administrativ sentralizm an’anasi: tarixan shakllangan markaziy boshqaruv madaniyati mahalliy tashabbuskorlikni cheklashi mumkin. Beshinchisi — agrar-industrial dualizm: mamlakatning aksariyat mintaqalarida zamonaviy sanoat va an’anaviy qishloq xo‘jaligi yonma-yon mavjud.

Akademik S.S.G‘ulomov (2019) O‘zbekiston mintaqalarining kompleks tipologiyasini ishlab chiqdi. Uning metodologiyasi klaster tahlili, faktorli tahlil va diskriminant tahlil usullarining kombinatsiyasiga asoslanib, 47 ta indikator qo‘llanilgan. Natijada O‘zbekiston mintaqalari yetti tipga ajratilgan: (1) metropoliten (Toshkent shahri) — yuqori urbanizatsiya, xizmat ko‘rsatish sektori ustunligi; (2) industrial (Navoiy, Angren) — yirik sanoat korxonalari; (3) agroindustrial (Andijon, Farg‘ona) — sanoat va qishloq xo‘jaligi uyg‘unligi; (4) agrar (Surxondaryo, Qashqadaryo) — qishloq xo‘jaligi ustunligi; (5) turistik-rekreatsion (Samarqand, Buxoro) — madaniy-tarixiy meros; (6) transchegara (Farg‘ona, Toshkent viloyati) — chegara savdosi; (7) resurs-xomashyo (Qoraqalpog‘iston) — tabiiy resurslar.



ISSN 3030-3907

Mintaqaviy boshqaruvda steykxolderlar tahlili muhim metodologik vosita bo‘lib, u turli manfaatdor tomonlarning mintaqaviy rivojlanish jarayonlaridagi o‘rnini aniqlash imkonini beradi. Asosiy steykxolderlar quyidagilardan iborat: mahalliy hokimiyat organlari (resurs va vakolat egasi), yirik sanoat korxonalari (investitsiya va ish o‘rni), kichik va o‘rta biznes (iqtisodiy faollik va innovatsiyalar), aholi (asosiy benefitsiar va ijtimoiy nazorat subyekti), nodavlat tashkilotlar (jamoa manfaatlarini ifodalovchi), oliy ta’lim va ilmiy muassasalar (inson kapitalini shakllantiruvchi), xalqaro tashkilotlar (moliyaviy va texnik yordam) va OAV (axborot muhiti). Har bir steykxolderning manfaatlari, resurslari va ta’sir darajasi o‘ziga xos bo‘lib, ular o‘rtasidagi muvofiqlashtirilgan hamkorlik mintaqaviy rivojlanishning asosi hisoblanadi.

5-rasm. Mintaqaviy boshqaruvda steykxolderlar matritsasi



Manba: Freeman R. (1984) metodologiyasi asosida muallif tuzdi

Yevropa Ittifoqining koheziya siyosati (Cohesion Policy) mintaqaviy tengsizlikni kamaytirish va barqaror rivojlanishni ta’minlashning eng samarali xalqaro modeli sifatida e’tirof etilmoqda. 2021–2027 yillar davomida YeI 392 mlrd evro hajmida koheziya fondlari ajratgan. Ushbu siyosatning asosiy tamoyillari: sheriklik (barcha manfaatdor tomonlarni jalb etish), additionallik (YeI mablag‘lari milliy mablag‘larni o‘rnini egallamasligi), dasturlash (ko‘p yillik strategik rejalash) va kontsentratsiya (mablag‘larni ustuvor yo‘nalishlarga jamlash). Bu tamoyillar O‘zbekiston mintaqaviy siyosatini takomillashtirish uchun metodologik asos bo‘lishi mumkin.

Xitoyning mintaqaviy rivojlanish tajribasi ham alohida e’tiborga loyiq. “G‘arb g‘arb” strategiyasi (2000) doirasida Xitoyning g‘arbiy viloyatlari —

ISSN 3030-3907

Sintszyuan, Tibet, Gansu, Yunnan — uchun maxsus iqtisodiy imtiyozlar, infratuzilma investitsiyalari va kadrlar tayyorlash dasturlari joriy etildi. Natijada 2000–2020 yillar davomida ushbu mintaqalar YaIMi o‘rtacha 9% ga o‘sib, sharqiy qirg‘oq viloyatlari bilan tafovut sezilarli darajada qisqardi. Xitoy tajribasining asosiy darsi: maqsadli infratuzilma investitsiyalari va kadrlar salohiyatini oshirish inert hududlarni ham jadal rivojlanish traektoriyasiga o‘tkazishi mumkin.

Zamonaviy mintaqaviy boshqaruv paradigmasi bir necha asosiy tamoyillarga asoslanadi. Birinchidan, SMART maqsadlar tamoyili (Specific — aniq, Measurable — o‘lchovli, Achievable — erishish mumkin, Relevant — dolzarb, Time-bound — muddatli): mintaqaviy strategik rejalashtirishda o‘lchovli maqsad ko‘rsatkichlari belgilanishi lozim. Ikkinchidan, integral yondashuv: iqtisodiy o‘sish bilan birga ijtimoiy tenglik va ekologik barqarorlik ham ta’minlanishi kerak. Uchinchidan, ishtirokchilik mexanizmlari: aholi va fuqarolik jamiyatining rejalash va qaror qabul qilish jarayonlariga jalb etilishi. To‘rtinchidan, adaptiv boshqaruv: noaniqlik va o‘zgaruvchan muhitda moslashuvchan rejalashtirish va tezkor monitoring tizimi.

“Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasida mintaqaviy boshqaruvni raqamlashtirish bir necha asosiy yo‘nalishda amalga oshirilishi belgilangan: E-hukumat xizmatlari orqali byurokratik to‘siqlarni yo‘q qilish, IoT sensorlar yordamida shahar va qishloq infratuzilmasini smart boshqaruv tizimiga o‘tkazish, blokcheyn texnologiyasi asosida yer kadastr va mulk reestrlarini yuritish, sun’iy intellekt tizimlari yordamida mintaqaviy prognozlash va resurslarni optimal taqsimlash. 2024 yil ma’lumotlariga ko‘ra, O‘zbekistonda raqamli davlat xizmatlaridan foydalanish 70% ga yetib, bu ko‘rsatkich 2019 yilga nisbatan 4 baravar oshgan.

O‘zbekistonda mintaqaviy rivojlanishni ta’minlashda davlat dasturlari muhim rol o‘ynaydi. 2018–2022 yillarda amalga oshirilgan “Obod qishloq” va “Obod mahalla” dasturlari natijasida 2500 km yangi yo‘llar, 450 ta maktab, 380 ta tibbiyot punkti va 180 ta kichik sanoat zonasi barpo etilgan. 2020 yildan joriy etilgan “Mahalla” instituti islohotlari chekka hududlarda mahalliy o‘zini o‘zi boshqarish imkoniyatlarini kengaytirdi. 2023 yilda barcha viloyatlarda tashkil etilgan investitsiya agentliklari mahalliy infratuzilma loyihalarini moliyalashtirishning yangi mexanizmlarini joriy etdi. Ushbu chora-tadbirlar majmui mintaqaviy boshqaruvning yangi paradigmasini — markazdan boshqarishdan hamkorlikdagi boshqaruvga o‘tish jarayonini — aks ettiradi.

Tadqiqot natijasida mintaqaviy boshqaruvning beshta asosiy xususiyati — tizimli murakkablik, ko‘p darajalik, inersionlik, mahalliy kontekstning muhimligi va tashqi omillarning kuchli ta’siri — tizimli tavsiflab berildi. Har bir xususiyat

ISSN 3030-3907

O‘zbekiston mintaqalari bo‘yicha empirik misollar bilan tasdiqlangan. Ushbu xususiyatlarning o‘zaro ta’siri mintaqaviy boshqaruvni o‘ziga xos murakkab boshqaruv ob’ektiga aylantiradi va unga umumiy boshqaruv yondashuvlarini to‘g‘ridan-to‘g‘ri tatbiq etish samarasizligini ko‘rsatadi.

O‘zbekiston mintaqalarining spesifik xususiyatlari — tarixiy-madaniy stratifikatsiya, gidrografik determinizm, agrar-industrial dualizm va administrativ sentralizm an’anasi — mintaqaviy boshqaruvga differensiatsiyalashgan yondashuvni talab qiladi. G‘ulomov tipologiyasi bo‘yicha yetti turdagi mintaqalar uchun har xil boshqaruv modellari, moliyalashtirish mexanizmlari va ustuvorliklar belgilanishi zarur.

O‘zbekiston uchun quyidagi amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi: birinchi, mintaqaviy avtonomiyani bosqichma-bosqich kengaytirish — viloyatlarga byudjet mustaqilligini oshirish va mahalliy soliqlar tizimini joriy etish; ikkinchi, moliyaviy mexanizmlarni diversifikatsiya qilish — mintaqaviy rivojlanish fondlari, davlat-xususiy sheriklik va xalqaro hamkorlik mexanizmlarini kengaytirish; uchinchi, mintaqaviy monitoring tizimini yaratish — Jahon banki “Governance Indicators” metodologiyasi asosida O‘zbekiston mintaqaviy boshqaruv samaradorligini baholash tizimini ishlab chiqish; to‘rtinchi, raqamli infratuzilmani barqaror rivojlantirish — barcha mintaqalarda tezkor internet va raqamli xizmatlar qamrovini 2026 yilga qadar 95% ga yetkazish.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun ustuvor yo‘nalishlar sifatida quyidagilar tavsiya etiladi: O‘zbekiston mintaqalarida ijtimoiy kapital darajasini miqdoriy baholash metodikasini ishlab chiqish; mintaqaviy boshqaruvda raqamli texnologiyalar samaradorligini o‘lchash; smart specialization strategiyasini O‘zbekiston mintaqalari uchun moslashtirilgan shaklda joriy etish imkoniyatlarini o‘rganish. Ushbu yo‘nalishlar bo‘yicha olib boriladigan empirik tadqiqotlar mintaqaviy rivojlanish siyosatini ilmiy asosda shakllantirish uchun zarur zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Richardson X. Regional Growth Theory. – London: Macmillan, 1973.
2. Kuznesova O.V. Ekonomicheskoe razvitie regionov. – M.: LIBROKOM, 2013.
3. Tatarkin A.I. Regionalnaya ekonomika: novye podxodы. – M.: Ekonomika, 2016.
4. Budvil J. Problems of Regional Economic Planning. – Edinburgh, 1966.
5. Putnam R. Making Democracy Work. – Princeton University Press, 1993.
6. Storper M. The Regional World. – Guilford Press, 1997.
7. Granberg A.G. Osnovы regionalnoy ekonomiki. – M.: GU VShE, 2000.

ISSN 3030-3907

8. Iskandarov I.I. Regionы Uzbekistana: otsenka potentsiala. – Toshkent: Fan, 2017.
9. G‘ulomov S.S. O‘zbekiston mintaqalarining tipologiyasi. – Toshkent: Fan, 2019.
10. Xuge L., Marks G. Multi-Level Governance and European Integration. – Rowman & Littlefield, 2003.
11. Kapello R. Regional Economics. – Routledge, 2015.
12. Baxtler Y. Regionalpolitik in Deutschland. – Berlin: Springer, 2010.
13. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son Farmoni.
14. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi ma’lumotlari, 2024.

ISSN 3030-3907

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM (EMS) COMPONENTS IN BATTERY ELECTRIC VEHICLES AND HYDROGEN FUEL CELL ELECTRIC VEHICLES

Eshkobilova Maftuna Umar kizi
Senior teacher at the Department of Aerospace and Mechanical engineering, Turin Polytechnic University in Tashkent
E-mail: m.eshkobilova@polito.uz
Yakhshilikova Gulnora Shermuhammad kizi
Associate professor at the Department of Aerospace and Mechanical engineering, Turin Polytechnic University in Tashkent.
E-mail: gulnora.yakhshilikova@polito.uz

Abstract. In electric vehicles, energy management systems (EMS) are essential for enhancing performance, extending lifespan, improving efficiency, and ensuring safety. The design and control requirements for EMS differ significantly between hydrogen fuel cell electric vehicles (FCEVs) and battery electric vehicles (BEVs). This distinction arises because FCEVs combine fuel cell stacks with supplementary energy storage components, while BEVs depend exclusively on electrochemical energy storage systems. The functional blocks, supervisory control techniques, component-level coordination, and system-level optimization issues of the EMS components in BEVs and FCEVs are compared in an organized manner in this paper. While FCEV EMS must manage multi-source hybrid energy systems incorporating hydrogen, fuel cell dynamics, and balance-of-plant subsystems, BEV EMS is mostly battery-centric, according to the research. System complexity, control goals, and potential future research areas in advanced energy management techniques are all clarified by the comparison.

Keywords: BEVs, FCEVs, EMS, battery management system, fuel cell system, battery degradation, fuel cell durability

Аннотация. В электромобилях системы управления энергией (СУЗ) играют важнейшую роль в максимизации производительности, долговечности, эффективности и безопасности. Конструкции СУЗ и потребности в управлении водородными электромобилями (ВЭБ) и электромобилями с аккумуляторными батареями (ЭБ) значительно различаются, поскольку ВЭБ сочетают топливные элементы с вспомогательными накопителями энергии, в то время как ЭБ используют только электрохимические системы хранения энергии. В данной статье систематически сравниваются функциональные блоки, методы диспетчерского управления, координация на уровне компонентов и вопросы оптимизации на системном уровне компонентов СУЗ в ЭБ и ВЭБ. Согласно исследованию, СУЗ ВЭБ должна управлять

ISSN 3030-3907

многоисточниковыми гибридными энергетическими системами, включающими водород, динамику топливных элементов и подсистемы вспомогательного оборудования, тогда как СУЗ ЭБ в основном ориентирована на батареи. Сравнение проясняет сложность системы, цели управления и потенциальные направления будущих исследований в области передовых методов управления энергией.

Ключевые слова: электромобили, автомобили на топливных элементах, система управления энергией, система управления батареей, система топливных элементов, деградация батареи, долговечность топливного элемента

Annotatsiya. Elektr transport vositalarida energiyani boshqarish tizimlari (EMS) ishlash, chidamlilik, samaradorlik va xavfsizlikni maksimal darajada oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Vodorodli elektr transport vositalari (FCEVs) va akkumulyatorli elektr transport vositalarining (BEVs) EMS dizayni va nazorat qilish ehtiyojlari sezilarli darajada farq qiladi, chunki FCEV'lar yoqilg‘i xujayralarini yordamchi energiya saqlash qurilmalari bilan birlashtiradi, BEV'lar esa faqat elektrokimyoviy energiya saqlash tizimlaridan foydalanadi. Ushbu maqola funktsional birliklarni, nazoratni boshqarish usullarini, komponentlar darajasida muvofiqlashtirishni va FCEV va FCEV'larda EMS komponentlarini tizim darajasida optimallashtirish masalalarini muntazam ravishda taqqoslaydi. Tadqiqotga ko‘ra, FCEV boshqaruv tizimi ko‘p manbali gibrid energiya tizimlarini, jumladan vodorod, yonilg‘i xujayrasi dinamikasi va yordamchi uskunalar quyi tizimlarini boshqarishi kerak, elektr mobillar boshqaruv tizimi esa birinchi navbatda batareyalarga qaratilgan. Taqqoslash tizimning murakkabligini, boshqaruv maqsadlarini va energiyani boshqarishning ilg‘or usullari sohasida kelajakdagi tadqiqot yo‘nalishlarini aniqlaydi.

Kalit so‘zlar: elektr transport vositalari, yonilg‘i xujayrasi transport vositalari, energiyani boshqarish tizimi, batareyani boshqarish tizimi, yonilg‘i xujayrasi tizimi, batareyaning buzilishi, yonilg‘i xujayrasi chidamliligi.

INTRODUCTION

The global transition toward low-carbon transportation has accelerated the development of electrified vehicle technologies. Increasing concerns over greenhouse gas emissions, urban air pollution, and fossil fuel dependency have positioned electric propulsion systems as a cornerstone of sustainable mobility strategies. Among zero-emission technologies, **Battery Electric Vehicles (BEVs)** and **Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)** have emerged as the most promising alternatives to conventional internal combustion engine vehicles. Although both architectures utilize electric traction motors and high-voltage power

ISSN 3030-3907

electronics, they differ fundamentally in energy sourcing, storage, and conversion mechanisms. BEVs store electrical energy directly in high-capacity lithium-ion battery packs, while FCEVs generate electricity onboard through hydrogen electrochemical conversion in a fuel cell stack, typically supported by a secondary battery or supercapacitor for transient power buffering. These architectural differences significantly influence the design philosophy and complexity of the Energy Management System (EMS). An EMS serves as the supervisory control layer responsible for coordinating energy flow between sources, storage elements, and propulsion components. It ensures that driver torque demand is satisfied while respecting operational constraints such as voltage, current, temperature, and durability limits. In addition, EMS algorithms aim to optimize energy efficiency, extend component lifetime, and maintain safety compliance. From a systems engineering perspective, EMS design must address multi-domain interactions involving:

- Electrical energy flow (DC bus regulation, inverter control)
- Electrochemical storage behavior (battery SOC, degradation)
- Hydrogen-to-electric conversion dynamics (in FCEVs)
- Thermal subsystems
- Auxiliary loads
- Safety-critical monitoring

In BEVs, EMS architecture is largely storage centric. Since the battery is the sole energy reservoir, the main control challenge lies in balancing efficiency, power capability, and long-term battery health. Advanced battery management algorithms for state estimation (SOC, SOH, SOP) and degradation-aware control are therefore central to BEV EMS design.

In contrast, FCEVs present a hybrid energy generation problem. The fuel cell stack operates most efficiently within specific load regions and exhibits slower transient response compared to batteries. Therefore, the EMS must coordinate power split between the fuel cell and the auxiliary battery while also accounting for balance-of-plant (BoP) subsystems such as air compressors, humidification units, and cooling circuits. These additional subsystems introduce parasitic power consumption and further complexity in optimization.

The distinction between BEV and FCEV EMS becomes even more pronounced in heavy-duty applications, where vehicles operate under high load variability, long driving cycles, and stringent durability requirements. In such cases, the EMS must consider not only instantaneous efficiency but also lifecycle optimization metrics such as hydrogen consumption per kilometer, battery cycling intensity, and fuel cell voltage degradation rate.

ISSN 3030-3907

Recent research trends have moved beyond rule-based energy management toward advanced optimization strategies, including:

- Equivalent Consumption Minimization Strategy (ECMS)
- Model Predictive Control (MPC)
- Stochastic dynamic programming
- Reinforcement learning-based energy management

These methods aim to address multi-objective trade-offs between efficiency, durability, safety, and system reliability in real-time.

Given the increasing prevalence of electric vehicles in both personal and commercial sectors, it is essential to perform a comprehensive analysis of the energy management system (EMS) frameworks employed in battery electric vehicles (BEVs) and fuel cell electric vehicles (FCEVs). Examining their architectural differences, operational challenges, and control issues provides valuable insights for enhancing powertrain development, particularly regarding emerging hydrogen-fueled heavy-duty transportation options.

This paper aims to provide a structured analysis of EMS components in BEVs and FCEVs, highlighting similarities, differences, and implications for advanced control strategy design.

1. EMS IN BATTERY ELECTRIC VEHICLES (BEVS)

In BEVs, the high-voltage battery pack is the sole onboard energy source, making battery monitoring, protection, and optimization the central focus of EMS design.

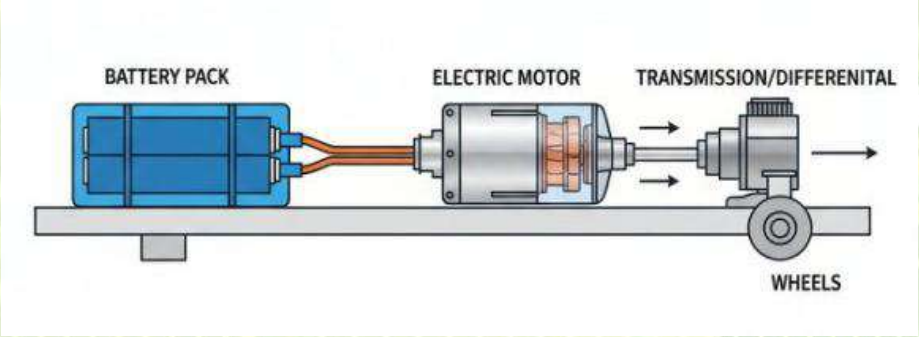


Figure 1: the powertrain of battery electric vehicles

Main components of EMS

- **Battery Management System (BMS):** Monitors cell voltages, state of charge (SOC), temperature, and implements cell balancing.
- **Motor/Inverter Coordination:** Supervises torque requests, efficiency optimization, and thermal constraints.
- **Regenerative Braking Controller:** Allocates braking torque between regeneration and friction brakes.

ISSN 3030-3907

- **Thermal Management:** Maintains temperature within optimal bounds for efficiency and aging minimization.
- **Charging Energy Management:** Controls charge current profiles to balance fast charge capability with battery health.

Control Objective: Maximize driving range and efficiency while minimizing battery degradation.

In summary, BEV EMS architecture is:

- Storage-driven
- Electrically dominant (single energy source)
- Focused on battery protection and efficiency
- Moderately complex compared to hybrid systems

Although structurally simpler than FCEV systems, BEV EMS requires high accuracy in state estimation and strict safety management due to the central role of the battery. The performance, range, and lifetime of the vehicle are directly dependent on the quality of the EMS design.

2. EMS IN HYDROGEN FUEL CELL ELECTRIC VEHICLES (FCEVS)

As described in figure 2, FCEVs include hydrogen storage, a fuel cell stack, DC/DC converters, a buffer battery, and electric propulsion systems. EMS must coordinate energy delivery between hydrogen conversion and battery buffer systems.

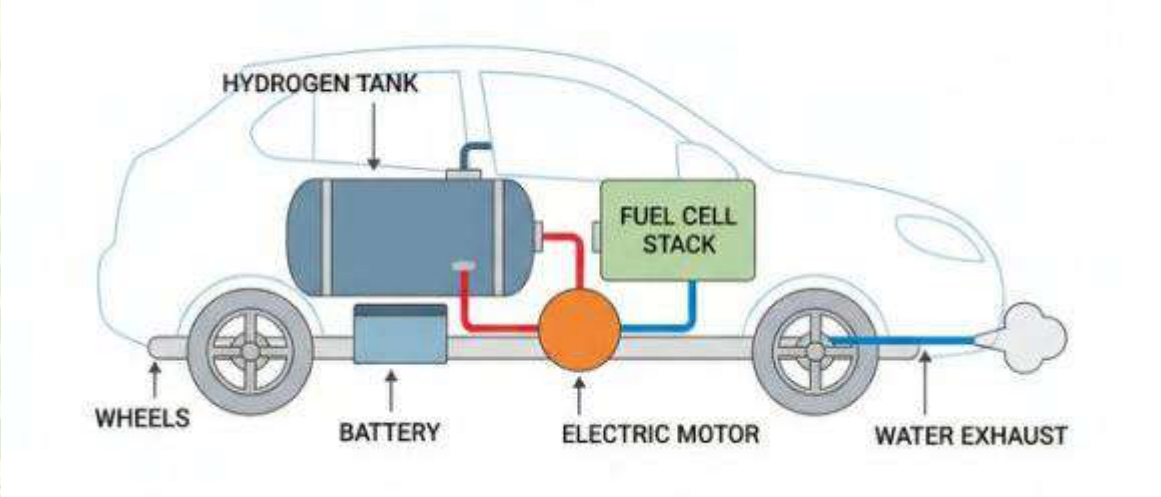


Figure 2: Powertrain of FCEV

2.1 MAIN COMPONENTS OF EMS IN FCEV:

- **Fuel Cell System Controller:** Sets fuel cell power targets, manages stack operation, and protects against transient overloads.
- **Balance-of-Plant (BoP) Coordination:** Includes air compressors, humidifiers, and cooling, all of which consume parasitic power and affect net efficiency.
- **Hybrid Power Split Controller:** Determines how load is shared between the fuel cell and battery.

ISSN 3030-3907

- **Hydrogen Safety Supervision:** Monitors tank pressure, leakage detection, and activation of safety shutdown mechanisms.

Control Objective: Minimize hydrogen consumption while preserving fuel cell durability and efficiently using battery storage.

3. Comparison of EMS components

Table 1:

Comparative analysis of EMS compartments of BEV and FCEV

Feature	BEV's EMS	FCEV's EMS
Primary energy source	battery only	Hydrogen + battery
System complexity	Moderate	High
Fast transient handling	Battery inherently fast	Battery buffers for slower fuel cell response
Dominant constraints	Battery limits	Battery buffers for slower fuel cell response
Efficiency focus	Maximize electrical energy use	Minimize hydrogen use and parasitic losses
Additional systems	Thermal and charging	BoP, pressure systems, hybrid power split

Table 1, presents a structured comparison between the Energy Management Systems (EMS) of Battery Electric Vehicles (BEVs) and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs), highlighting their architectural differences, control priorities, and system complexity.

The comparison shows that BEV EMS is fundamentally **battery-centered**, focusing on optimizing electrical energy usage while protecting battery health and ensuring safe operation. Since the battery is the sole energy source, the supervisory control structure is relatively straightforward, mainly managing torque allocation, regenerative braking, thermal regulation, and charging control.

In contrast, FCEV EMS is **hybrid and multi-source oriented**, requiring coordination between the fuel cell stack and the auxiliary battery. The supervisory controller must determine optimal power split while considering fuel cell efficiency regions, dynamic response limitations, hydrogen consumption, and balance-of-plant (BoP) parasitic loads. This makes FCEV EMS inherently more complex than BEV EMS.

Furthermore, although Battery Electric Vehicles (BEVs) focus mainly on issues related to battery longevity and energy efficiency, Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs) need to concurrently handle challenges associated with fuel cell lifespan, hydrogen safety regulations, and the impacts of battery cycling. The section concludes that FCEV energy management demands more advanced

ISSN 3030-3907

optimization strategies due to its multi-domain control requirements and hybrid energy interactions.

4. System Complexity and Control Challenges

4.1 BEV Challenges

- Accurate SOC and state of health estimation.
- Thermal management during fast charging.
- Maximizing regenerative braking.

4.2 FCEV Challenges

- Managing slower fuel cell response through buffer storage.
- Including BoP parasitic loads in optimization.
- Ensuring safe hydrogen handling and reducing degradation under variable load conditions.

In conclusion, while both BEV and FCEV Energy Management Systems face significant control challenges, the nature of these challenges differs substantially. BEV EMS complexity is primarily driven by battery protection, accurate state estimation, thermal management, and efficient regenerative braking. The system focuses on optimizing a single energy source under strict electrochemical constraints.

In contrast, FCEV EMS involves a higher level of complexity due to its hybrid architecture. It must coordinate fuel cell dynamics, battery buffering, balance-of-plant parasitic loads, and hydrogen safety constraints simultaneously. The slower transient response of fuel cells and durability considerations further increase the need for advanced supervisory control strategies.

Overall, FCEV energy management requires more comprehensive and multi-objective optimization frameworks compared to BEVs, making it a more demanding control problem from both modeling and real-time implementation perspectives.

The hybrid architecture of FCEVs demands more expansive optimization strategies than in BEVs because fuel cell dynamics and auxiliary systems introduce additional operational constraints.

5. DISCUSSION

EMS design fundamentally reflects the underlying energy architecture of the vehicle. In BEVs, the presence of a single dominant energy source — the battery — simplifies the supervisory control problem from a structural standpoint. The EMS primarily regulates power flow between the battery and traction motor while ensuring voltage stability, thermal safety, and battery longevity. Although advanced estimation and protection algorithms are required, the energy flow path remains relatively linear and electrically confined. Consequently, optimization

ISSN 3030-3907

objectives are typically centered around maximizing driving range, minimizing battery degradation, and improving regenerative braking efficiency.

However, in FCEVs, EMS design becomes a multi-domain control challenge. Unlike BEVs, FCEVs combine electrochemical energy conversion (hydrogen to electricity) with electrochemical energy storage (battery). The fuel cell stack exhibits slower dynamic response compared to batteries and operates most efficiently within a limited power range. Rapid load variations caused by acceleration or grade changes must therefore be absorbed by the auxiliary battery or supercapacitor. This hybrid interaction requires the EMS to continuously determine the optimal power split between the fuel cell and battery.

Furthermore, FCEV systems introduce additional constraints not present in BEVs:

- Fuel cell degradation due to load cycling and voltage fluctuations
- Parasitic power consumption from balance-of-plant (BoP) components such as air compressors and cooling systems
- Hydrogen storage pressure and safety limitations
- Startup and shutdown sequencing of the fuel cell stack

These factors transform EMS from a primarily electrical energy optimization problem into a multi-objective control problem involving efficiency, durability, safety, and system reliability.

In heavy-duty and long-range transport applications, the differences become even more pronounced. Heavy-duty vehicles experience high torque demand variability, long operating hours, and stricter durability requirements. For BEVs, this results in challenges such as:

- Large battery sizing
- Thermal management under sustained high loads
- Battery aging due to deep cycling

For FCEVs, heavy-duty usage emphasizes advantages such as fast hydrogen refueling and extended driving range. However, these benefits introduce additional EMS complexity:

- Maintaining fuel cell operation within optimal efficiency regions under fluctuating loads
- Reducing hydrogen consumption per kilometer
- Limiting fuel cell current ripple to prevent premature degradation
- Coordinating high-power transients through battery buffering

Because of these factors, advanced optimization techniques become more relevant in FCEVs. Strategies such as Equivalent Consumption Minimization Strategy (ECMS), Model Predictive Control (MPC), and reinforcement learning-

ISSN 3030-3907

based supervisory control are increasingly studied to balance hydrogen efficiency with durability constraints in real time.

6. CONCLUSION

Battery Electric Vehicle (BEV) energy management systems are focused on the goal of battery optimization, and battery protection and range extension. The EMS strategy is mainly aimed at controlling power flow, state of charge within safe operational limits, thermal stress, and degradation effects, as battery used as the only form of onboard energy source. Control strategies in BEVs usually rely on ensuring the optimal power distribution between traction demand and regenerative braking needs while prioritizing the long-term health of the battery and extending driving range. Conversely, the fuel energy management system of Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) must achieve a hybrid energy architecture with a mixture of hydrogen fuel cell module and battery pack. This adds further difficulties, as the EMS should match the fuel cell and its battery in an optimal manner considering fuel cell efficiency, ramp-rate limitations and degradation sensitivity features. Additionally, FCEV systems also include balance-of-plant (BoP) elements—like air compressor, hydrogen circulation system, cooling subsystem and auxiliary loads, which determine the overall system efficiencies. Safety concerns associated with the storage of hydrogen and operation under high pressure further increase supervision requirement. Thus, the EMS design for FCEVs is intrinsically more complex than for BEVs, and it is necessary to develop new supervisory control systems that can be applied to achieve the multi-objective optimization. At the same time, these systems must reduce hydrogen consumption, manage the battery's state of charge, stabilize fluctuations in fuel cell power, and ensure system stability under dynamic driving conditions. Sub-sequent directions for FCEV energy management involve the development of predictive control strategies based on route preview and traffic information, artificial intelligence–based optimization methods for adaptive power split control, and durability-aware energy management strategies that explicitly embrace fuel cell degradation models. All of those are expected to make it more efficient, increase the lives and longevity of components, and ultimately improve the sustainability of hydrogen-powered heavy-duty transportation.

REFERENCES

1. Togun, H., *et al.*, “Development and comparative analysis between battery electric vehicles (BEV) and fuel cell electric vehicles (FCEV),” *Applied Energy*, vol. 388, 2025.

ISSN 3030-3907

2. A. Hebala, M.I. Abdelkader & R.A. Ibrahim, “Comparative Analysis of Energy Consumption and Performance Metrics in Fuel Cell, Battery, and Hybrid Electric Vehicles,” *Technologies*, 2025.
3. Hydrogen Fuel Cell Electrical Vehicles (FCEV) – BEV – Comparison and Future Challenges, MECO 2024 Conference Proceedings (IEEE).
4. G. Offer *et al.*, “Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system,” *Energy Policy*, Elsevier, 2010.
5. A Comprehensive Review on Energy Management and Topologies of BEVs and FCEVs, Wiley Energy Technology, 2024.

ISSN 3030-3907

UDK: 621.311.1:621.317

ELEKTR ENERGIYASINI HISOBGA OLISH TIZIMLARINING HOZIRGI HOLATINI O‘RGANISH VA TAHLIL QILISH.

S.M. Alikulova
Qarshi davlat texnika universiteti assistenti
S.N.Usmonova
Qarshi davlat texnika universiteti Energetika muhandisligi 2-kurs talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada elektr energiyasini hisobga olish tizimlarining zamonaviy holati, ularning texnik va dasturiy ta’minoti, avtomatlashtirilgan hisobga olish tizimlari (ASKUE/AMR/AMI)ning joriy etilishi hamda raqamlashtirish jarayonlari tahlil qilinadi. An’anaviy elektromexanik hisoblagichlardan raqamli va aqlli (smart) hisoblagichlarga o‘tish bosqichlari o‘rganilgan. Shuningdek, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish, tijorat va texnik hisobni takomillashtirish hamda ma’lumotlarni masofadan uzatish imkoniyatlari baholangan. Tadqiqot natijalari elektr energiyasini hisobga olish tizimlarini modernizatsiya qilish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: elektr energiyasi, hisobga olish tizimi, aqlli hisoblagich, ASKUE, AMI, raqamlashtirish, energiya samaradorligi.

Аннотация. В статье анализируется современное состояние систем учета электрической энергии, включая автоматизированные системы коммерческого учета (АСКУЭ), внедрение интеллектуальных счетчиков и процессы цифровизации. Рассматриваются технические и программные аспекты модернизации систем учета, а также их влияние на снижение потерь электроэнергии.

Ключевые слова: учет электроэнергии, интеллектуальный счетчик, цифровизация, АСКУЭ, энергосбережение.

Abstract. This article analyzes the current state of electric energy metering systems, including automated commercial metering systems (AMR/AMI), smart meter deployment, and digitalization processes. The study evaluates technical and software modernization aspects and their impact on reducing energy losses and improving efficiency.

Keywords: electric energy metering, smart meter, AMI, digitalization, energy efficiency.

KIRISH.

Energetika sohasi mamlakat iqtisodiy taraqqiyotining asosiy tarmoqlaridan biri bo‘lib, elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash jarayonlarining samaradorligi bevosita hisobga olish tizimlarining aniqligi va

ISSN 3030-3907

ishonchliligiga bog‘liqdir. Elektr energiyasini hisobga olish tizimlari energiya resurslarini oqilona boshqarish, tijorat yo‘qotishlarini kamaytirish hamda iste’molchilar bilan hisob-kitoblarni shaffof yuritishda muhim ahamiyat kasb etadi. So‘nggi yillarda dunyo miqyosida elektr energiyasini hisobga olish tizimlarini raqamlashtirish va avtomatlashtirish jarayonlari jadallashdi. Xususan, International Energy Agency ma’lumotlariga ko‘ra, aqlli hisoblagichlarni joriy etish energiya samaradorligini oshirish va yo‘qotishlarni kamaytirishda muhim omil hisoblanadi. Elektr energiyasini hisobga olish tizimlari quyidagi bosqichlarda rivojlandi:

1. **Elektromexanik hisoblagichlar** – induksion tamoyil asosida ishlaydi, aniqligi nisbatan past, ma’lumotlarni qo‘lda o‘qish talab etiladi.

2. **Elektron hisoblagichlar** – yuqori aniqlik, ko‘p tarifli hisoblash imkoniyati mavjud.

3. **Avtomatlashtirilgan tizimlar (AMR/AMI)** – masofadan ma’lumot uzatish, real vaqt monitoringi.

Aqlli (smart) hisoblagichlar quyidagi imkoniyatlarga ega:

- real vaqt rejimida monitoring;
- masofadan o‘qish va boshqarish;
- ko‘p tarifli hisob;
- noqonuniy ulanishlarni aniqlash;
- energiya iste’molini tahlil qilish.

Zamonaviy energiya tizimlarida ASKUE (Avtomatlashtirilgan tijorat hisobga olish tizimi) va AMI (Advanced Metering Infrastructure) keng qo‘llanilmoqda.

Ushbu tizimlar hisoblagichlar, ma’lumotlarni yig‘ish va uzatish modul-lari, server va dasturiy ta’minot va dispetcherlik nazorat markazlaridan iborat.

AMI texnologiyasi energiya tarmog‘ini “aqlli tarmoq” (Smart Grid) konsepsiya-si bilan integratsiyalash imkonini beradi. Bu esa yuklamani optimallashtirish va energiya sifatini nazorat qilishni ta’minlaydi.

Elektr energiyasini hisobga olish tizimlarining hozirgi holatini tahlil qilish quyidagi asosiy muammolarni ko‘rsatadi:

- eskirgan hisoblagichlar ulushi yuqoriligi;
- texnik va tijorat yo‘qotishlari;
- ma’lumotlarni uzatishdagi uzilishlar;
- kiberxavfsizlik masalalari;
- dasturiy integratsiya muammolari.

Ko‘plab mamlakatlarda aqlli hisoblagichlarni joriy etish orqali energiya yo‘qotishlari 10–15 % gacha kamaygani kuzatilgan.

ISSN 3030-3907

Hisobga olish tizimlarini modernizatsiya qilish noqonuniy ulanishlarni aniqlash, iste'molni tahlil qilish, yuklamani boshqarish, differensial tariflarni joriy etish va energiya samaradorligini oshirish imkonini beradi. Raqamli monitoring tizimlari energiya balansini aniq hisoblash imkonini yaratadi. Zamonaviy hisob-ga olish tizimlarida IoT (Internet of Things) texnologiyalarini joriy etish, bulutli hisoblash platformalaridan foydalanish va katta ma'lumotlar (Big Data) tahlili istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

Kelgusida quyidagi yo'nalishlarda rivojlanish kutilmoqda:

- sun'iy intellekt asosida iste'mol prognozi;
- blokcheyn asosida hisob-kitob;
- energiya saqlash tizimlari bilan integratsiya;
- mikrogrid va qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan muvofiqlashtirish.

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

1. Elektr energiyasini hisobga olish tizimlarining zamonaviy holatini kompleks texnik-iqtisodiy tahlil qilish asosida ularning funksional samaradorligini baholash mezonlari tizimlashtirildi. Hisobga olish tizimlari samaradorligini aniqlash uchun aniqlik darajasi, ma'lumot uzatish ishonchliligi, real vaqt monitoringi, energiya yo'qotishlarini aniqlash koeffitsienti va kiberxavfsizlik darajasi kabi integrallashgan ko'rsatkichlar taklif etildi.

2. An'anaviy elektromexanik va elektron hisoblagichlarni zamonaviy AMI (Advanced Metering Infrastructure) tizimlari bilan qiyosiy tahlil qilish asosida energiya yo'qotishlarini kamaytirishning matematik modeli ishlab chiqildi. Ushbu model texnik va tijorat yo'qotishlarining kamayish dinamikasini prognoz qilish imkonini beradi.

3. Elektr energiyasini hisobga olish tizimlarining ko'p pog'onali arxitekturasi (hisoblagich – ma'lumot yig'ish moduli – uzatish kanali – server – dispetcherlik markazi) optimallashtirish algoritmi ishlab chiqildi. Bu algoritm ma'lumot uzatish kechikishlarini kamaytirish va tizim barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

4. Aqlli hisoblagichlarni joriy etishning energiya balansiga ta'siri statistik tahlil asosida baholandi hamda energiya iste'molini prognozlashda raqamli monitoring ma'lumotlaridan foydalanish metodikasi taklif etildi.

5. Elektr energiyasini hisobga olish tizimlarida kiberxavfsizlik tahdidlarini baholash mezonlari ishlab chiqildi va ma'lumotlarni himoyalashning ko'p dara-jali himoya modeli taklif etildi.

6. Hisobga olish tizimlarini "Smart Grid" konsepsiyasi bilan integratsiyalash jarayonida yuklamani boshqarish va differensial tariflashning samaradorligi ilmiy asoslangan

ISSN 3030-3907

Xulosa. Xulosa qilib aytganda elektr energiyasini hisobga olish tizimlari energetika sohasining samaradorligini belgilovchi muhim tuzulma hisoblanadi. Shuningdek an'anaviy tizimlardan aqlli hisoblagichlar va AMI texnologiyalariga o'tish energiya yo'qotishlarini sezilarli kamaytiradi. Raqamlashtirish va avtomatlashtirish inson omilini kamaytirgan holda ish unumdorligini oshiradi.Elektr energiyasini hisobga olish tizimlarini modernizatsiya qilish kiberxavfsizlik energiya samaradorligini oshirish va barqaror rivojlanishni ta'minlashda muhim omildir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. International Energy Agency. Digitalization and Energy. – Paris: IEA, 2017. – 140 p.
2. Gungor V. C., Sahin D., Kocak T. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2011. – Vol. 7. – No. 4. – P. 529–539.
3. Depuru S. S. S., Wang L., Devabhaktuni V. Smart meters for power grid – Challenges, issues, advantages and status // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Vol. 15. – P. 2736–2742.
4. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 672 с.
5. Сидоров А. А. Автоматизированные системы учета электроэнергии (АСКУЭ). – М.: Энергия, 2015. – 256 с.
6. O'zbekiston Respublikasining "Elektr energetikasi to'g'risida"gi Qonuni. – T.: 2019.

ISSN 3030-3907

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL LINE FOR THE PRODUCTION OF POLYMER-BITUMEN COMPOSITIONS

R.M. Mirzaakbarov
Master's student, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology.
Sh.Sh. Mengliev
Associate Professor, Head of Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology, Doctor of Philosophy in Chemical Sciences.
A.G. Makhsumov
Professor, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology, Doctor of Chemical Sciences.
E.E. Mashaev
Associate Professor, Department of "Chemical Technology of Oil and Gas Refining" of Tashkent Institute of Chemical Technology, Doctor of Philosophy in Chemical Sciences.

Abstract. This study presents the development and technological substantiation of a process line for producing polymer–bitumen composite materials intended for road construction applications. The proposed system integrates local raw materials and recycled industrial waste, including waste oil and crumb rubber, into a multicomponent polymer–bitumen matrix. The technological scheme consists of raw material dosing units, a masterbatch preparation reactor, and a final high-efficiency mixing unit. A two-stage production approach was implemented: (I) preparation of a polymer–bitumen masterbatch in a heated reactor under controlled temperature (170–180 °C) and high-shear mixing conditions, followed by (II) incorporation of dispersed and coarse mineral additives in a homogenizing mixer. The influence of polymer modifiers (SBS, EVA), crumb rubber, mineral fillers, and stabilizing additives on structural formation and processing behavior was analyzed. Mass balance calculations confirmed the operational stability of the proposed technological line, demonstrating that 82% of the total batch mass is processed during masterbatch formation and 18% during final homogenization. The binder phase constitutes approximately 70% of the total composition, ensuring rheological continuity and structural stability. The integration of recycled materials enhances elasticity, deformation resistance, and sustainability of the resulting composite material while maintaining technological feasibility and industrial scalability. The developed production scheme provides a scientifically justified and economically viable framework for manufacturing high-performance polymer–

ISSN 3030-3907

bitumen composites with improved storage stability and operational characteristics.

Keywords. Polymer–bitumen compositions, polymer-modified bitumen, crumb rubber modification, waste oil recycling, technological line design, masterbatch reactor, mineral fillers, mass balance calculation, rheological properties, sustainable road materials.

Аннотация. В данном исследовании представлены разработка и технологическое обоснование технологической линии для производства полимерно-битумных композитных материалов, предназначенных для дорожного строительства. Предложенная система интегрирует местное сырье и переработанные промышленные отходы, включая отработанное масло и резиновую крошку, в многокомпонентную полимерно-битумную матрицу. Технологическая схема включает в себя дозирующие устройства для сырья, реактор для приготовления мастербатча и конечный высокоэффективный смесительный блок. Был реализован двухэтапный производственный подход: (I) приготовление полимерно-битумного мастербатча в нагреваемом реакторе при контролируемой температуре (170–180 °C) и условиях высокоскоростного перемешивания, за которым следует (II) добавление дисперсных и крупнозернистых минеральных добавок в гомогенизирующем смесителе. Проанализировано влияние полимерных модификаторов (SBS, EVA), резиновой крошки, минеральных наполнителей и стабилизирующих добавок на формирование структуры и технологические свойства. Расчеты баланса массы подтвердили эксплуатационную стабильность предложенной технологической линии, показав, что 82% общей массы партии перерабатывается в процессе формирования мастербатча и 18% — в процессе окончательной гомогенизации. Вяжущая фаза составляет приблизительно 70% от общего состава, обеспечивая реологическую непрерывность и структурную стабильность. Интеграция переработанных материалов повышает эластичность, сопротивление деформации и экологичность получаемого композитного материала, сохраняя при этом технологическую осуществимость и масштабируемость в промышленности. Разработанная производственная схема обеспечивает научно обоснованную и экономически целесообразную основу для производства высокоэффективных полимерно-битумных композитов с улучшенной стабильностью при хранении и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова. Полимерно-битумные композиции, полимерно-модифицированный битум, модификация резиновой крошкой, переработка

ISSN 3030-3907

отработанного масла, проектирование технологической линии, реактор для мастербатча, минеральные наполнители, расчет баланса массы, реологические свойства, экологически чистые дорожные материалы.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida yo‘l qurilishi uchun mo‘ljallangan polimer-bitum kompozit materiallarini ishlab chiqarish texnologik liniyasini ishlab chiqish va texnologik asoslash taqdim etiladi. Taklif qilinayotgan tizim mahalliy xom ashyo va qayta ishlangan sanoat chiqindilarini, shu jumladan chiqindi moyi va maydalangan kauchukni ko‘p komponentli polimer-bitum matritsasiga birlashtiradi. Texnologik sxema xom ashyoni dozalash moslamalari, masterbatch tayyorlash reaktori va yakuniy yuqori samarali aralashtirish moslamalaridan iborat. Sxemada ikki bosqichli ishlab chiqarish yondashuvi amalga oshirildi: (I) polimer-bitum masterbatchini qizdirilgan reaktorda nazorat ostidagi harorat (170–180 °C) va yuqori tezlikli aralashtirish sharoitida tayyorlash, so‘ngra (II) disperslangan va yirik mineral qo‘shimchalarni gomogenlashtiruvchi mikserga qo‘shish. Polimer modifikatorlarining (SBS, EVA), maydalangan kauchuk, mineral to‘ldiruvchilari va stabillashtiruvchi qo‘shimchalarning strukturaviy shakllanishi va texnologik xossalari tahlil qilindi. Massa balansi hisob-kitoblari taklif qilinayotgan texnologik liniyaning operatsion barqarorligini tasdiqladi, bu umumiy partiya massasining 82% masterbatch shakllanish paytida va 18% yakuniy gomogenizatsiya paytida qayta ishlanishini ko‘rsatdi. Bog‘lovchi faza umumiy tarkibning taxminan 70% ni tashkil qiladi, bu reologik uzluksizlik va strukturaviy barqarorlikni ta‘minlaydi. Qayta ishlangan materiallarning integratsiyasi texnologik imkoniyatlar va sanoat miqyosini saqlab qolish bilan birga hosil bo‘lgan kompozit materialning elastikligini, deformatsiyaga chidamliligini va barqarorligini oshiradi. Ishlab chiqilgan ishlab chiqarish sxemasi saqlash barqarorligi va operatsion xususiyatlari yaxshilangan yuqori samarali polimer-bitum kompozitlarini ishlab chiqarish uchun ilmiy asoslangan va iqtisodiy jihatdan samarali asos yaratadi.

Kalit so‘zlar. Polimer-bitum kompozitsiyalari, polimer-modifikatsiyalangan bitum, maydalangan kauchuk modifikatsiyasi, chiqindi moyni qayta ishlash, texnologik liniya loyihalash, masterbatch reaktori, mineral to‘ldiruvchi moddalari, massa balansini hisoblash, reologik xususiyatlar, barqaror yo‘l materiallari.

INTRODUCTION.

Polymer–bitumen compositions (PBCs) have become an essential class of advanced construction materials widely applied in road pavements, waterproofing systems, roofing membranes, and hydraulic engineering structures. The growing demand for high-performance infrastructure materials capable of withstanding increasing traffic loads, extreme climatic variations, and long-term aging has stimulated intensive research into polymer-modified bitumen technologies.

ISSN 3030-3907

Conventional petroleum bitumen, while providing satisfactory adhesion and water resistance, exhibits significant temperature susceptibility, oxidative aging, and limited elasticity at low temperatures [1,4]. These drawbacks have motivated the development of polymer-modified systems with improved rheological and mechanical performance. The modification of bitumen with thermoplastic elastomers, plastomers, and reactive polymers significantly enhances elasticity, rutting resistance, fatigue durability, and thermal stability [2,7]. Among various modifiers, styrene–butadiene–styrene (SBS) triblock copolymers are considered the most effective elastomeric additives due to their ability to form a three-dimensional physical network within the bituminous matrix [3]. Plastomeric polymers such as polyethylene (PE), ethylene–vinyl acetate (EVA), and polypropylene (PP) improve stiffness and high-temperature stability [4,10]. Reactive modifiers, including crumb rubber and functionalized polymers, contribute to enhanced compatibility and aging resistance [2,9]. The physicochemical interaction between bitumen and polymer plays a decisive role in determining the stability and performance of polymer–bitumen compositions. Bitumen is a complex colloidal system consisting of asphaltenes, resins, aromatics, and saturates (SARA fractions). The compatibility between polymer modifiers and maltene fractions governs phase morphology, storage stability, and long-term performance. Poor compatibility often results in phase separation during storage and transportation, which remains one of the principal technological challenges in industrial production [5,11].

From a technological perspective, the production of polymer–bitumen compositions requires controlled high-temperature mixing, efficient dispersion, and homogenization processes. Industrial production typically involves continuous or batch reactors equipped with high-shear mixers, colloid mills, or rotor–stator systems. Key process parameters include temperature (160–190 °C for SBS-modified systems), mixing intensity, polymer concentration (typically 3–7 wt%), swelling time, and shear rate [6,12]. Optimization of these parameters is essential to ensure uniform dispersion, prevent thermal degradation of polymers, and achieve target rheological characteristics. Recent research emphasizes the importance of rheological characterization in designing technological lines. Dynamic shear rheometry (DSR), softening point determination, penetration index, elastic recovery, and storage stability tests are widely employed to assess product quality [1]. Moreover, infrared spectroscopy and thermal analysis techniques (DSC, TGA) are increasingly used to investigate polymer–bitumen interactions and aging behavior [2]. The development of a technological line for producing polymer–bitumen compositions must therefore integrate material selection,

ISSN 3030-3907

thermodynamic compatibility analysis, mixing and homogenization design, temperature control systems, and quality monitoring methods. Energy efficiency, automation, environmental safety, and reduction of emissions are also critical aspects in modern bitumen modification plants [6]. Continuous technological schemes offer advantages in productivity and consistency, whereas modular batch systems provide flexibility for different formulations. Despite extensive studies on polymer modification mechanisms, challenges remain in ensuring long-term storage stability, reducing production costs, incorporating recycled polymers, and adapting technological lines to local raw materials [5]. Therefore, systematic analysis of existing modification technologies, equipment configurations, and process optimization strategies is essential for designing efficient industrial production systems.

The objective of this study is to analyze the scientific and technological foundations of polymer–bitumen modification and to propose a conceptual framework for the development of an optimized technological line capable of producing high-performance polymer–bitumen compositions with improved operational properties and storage stability.

MATERIALS AND METHODS. Base petroleum bitumen of penetration grade 60/90 was used as the primary binder in this study. The bitumen was supplied from a refinery vacuum distillation unit and complied with standard specifications for road construction materials. The main physicochemical characteristics of the base bitumen included penetration at 25 °C of 65 ± 3 (0.1 mm), softening point (Ring-and-Ball) of 48–50 °C, and ductility at 25 °C exceeding 100 cm. Waste industrial oil was used as a plasticizing component to regulate viscosity and improve the workability of the polymer–bitumen system. The oil was предварительно filtered to remove mechanical impurities. Its kinematic viscosity at 100 °C was approximately 8–12 mm²/s, and its density at 20 °C was 0.88–0.92 g/cm³. The dosage of waste oil varied from 5 to 15 wt% relative to the total binder mass. Crumb rubber obtained from recycled automobile tires was used as an elastomeric modifier. The rubber particles had a size range of 0.5–1.5 mm and a bulk density of approximately 0.45–0.55 g/cm³. The rubber content in the compositions ranged from 8 to 15 wt%. Prior to use, the crumb rubber was dried to eliminate moisture. Styrene–butadiene–styrene (SBS) triblock copolymer with a styrene content of approximately 30 wt% was applied as the primary polymer modifier. The polymer was supplied in pellet form with a density of 0.94 g/cm³ and a melt flow index below 1 g/10 min. The SBS dosage ranged from 3 to 6 wt% of the total composition. In selected experimental formulations, ethylene–vinyl acetate (EVA) copolymer with a vinyl acetate content of 18 wt% was used as an

ISSN 3030-3907

alternative plastomeric modifier for comparative evaluation. The EVA density was approximately 0.95 g/cm³. Fine mineral additives, including limestone powder ($CaCO_3$), silica flour, and fly ash, were used to improve stiffness and structural stability of the composite material. The particle size of dispersed mineral fillers was below 100 μm. The total content of fine mineral additives ranged from 8 to 12 wt%. Coarse mineral additives were introduced as reinforcing components to enhance mechanical strength and resistance to deformation. These additives had a particle size between 0.5 and 2 mm and were added in amounts of 3–7 wt%. A stabilizing additive based on sulfur-containing crosslinking agents was incorporated in concentrations of 0.2–0.4 wt% to improve storage stability and compatibility between polymer and bitumen phases. All materials were used without additional chemical purification. Mineral components were предварительно dried at 105 °C to remove residual moisture prior to mixing.

The technological line for the production of polymer–bitumen compositions (PBC) used in this study corresponds to the scheme presented in Figure 1 and consists of raw material storage units, a masterbatch preparation reactor, and a final mixing unit. The installation includes the following main components: Hopper 1 – Waste oil hopper-designed for storing and dosing used (recycled) oil, which acts as a plasticizing component and viscosity regulator in the formulation. Hopper 2 – Bitumen hopper-serves as the primary binder storage unit. Bitumen is supplied in heated condition to maintain pumpability and controlled viscosity. Hopper 3 – Crumb rubber hopper-intended for storing finely ground rubber particles (0.5–1.5 mm), used as an elastomeric modifier to enhance elasticity and fatigue resistance. Hopper 4 – Modifier hopper-contains polymer modifiers (e.g., SBS, EVA) or chemical stabilizers introduced to improve compatibility and storage stability. Hoppers 5, 6, 7 – Dispersed mineral additives hoppers-designed for fine mineral fillers such as limestone powder, fly ash, silica, or other micronized materials improving stiffness and structural stability. Hopper 8 – Coarse mineral additive hopper-intended for larger mineral fractions or reinforcing fillers contributing to mechanical strength and structural reinforcement. Hopper 9 – Binder hopper-contains additional binding components or adhesion promoters used to adjust final physicochemical characteristics. Reactor 10 – Masterbatch preparation reactor-a heated and mechanically agitated vessel used for preparing the primary polymer–bitumen masterbatch. Mixer 11 – Final mixing unit-high-efficiency homogenizing mixer for the final preparation of the polymer–bitumen composition.

RESULTS AND DISCUSSION. A process line for producing polymer-bitumen composite materials for road paving. A schematic diagram of a universal production line for multiphase polymer-bitumen composite materials using local

ISSN 3030-3907

raw materials and industrial waste is shown in the figure. The process line for producing polymer-bitumen composite materials for road paving includes a set of equipment consisting of the following elements: 1 - waste oil bin, 2 - bitumen bin, 3 - crushed rubber bin, 4 - modifier bin, 5, 6, and 7 - bins for dispersed mineral additives, 8 - bin for large-sized mineral additives, 9 - binder bin, 10 - reactor for masterbatch preparation, 11 - mixer for final preparation of polymer-bitumen composites. As the diagram shows, the process first involves preparing bitumen, pyrolysis resin, and rubber, devulcanizing rubber crumb, then preparing the other ingredients, and finally feeding them into the mixer. This is where the polymer-bitumen composite materials are produced.

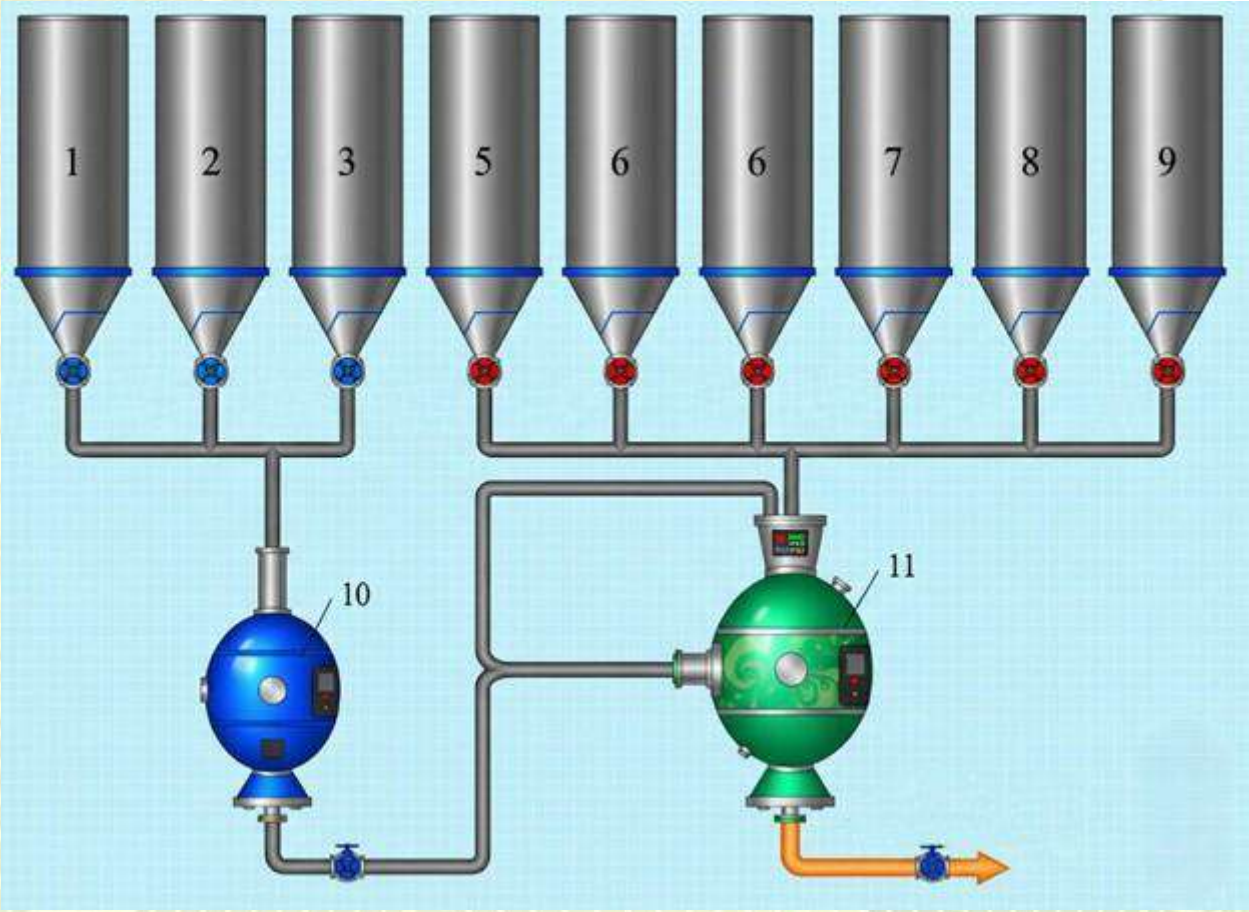


Figure 1. Process flow chart for producing polymer-bitumen compositions: 1-bin for waste oil, 2-bin for bitumen, 3-bin for crushed rubber, 4-bin for modifiers, 5,6,7-bins for dispersed mineral additives, 8-bin for large-sized mineral additives, 9-bin for binder, 10-reactor for preparing masterbatch, 11-mixer for final preparation of polymer-bitumen compositions.

Technological Procedure. Stage 1 – Preparation of Masterbatch (Reactor 10). Bitumen from Hopper 2 was pumped into Reactor 10 and heated to 170–180 °C under continuous agitation. Waste oil from Hopper 1 was gradually introduced (5–15 wt%) to adjust viscosity and improve processability. Crumb rubber from Hopper 3 was then fed into the reactor in controlled portions. The mixture was

ISSN 3030-3907

mechanically stirred at 1500–3000 rpm for 60–90 minutes to allow rubber swelling and partial devulcanization. Polymer modifiers from Hopper 4 were introduced during this stage (3–6 wt%), followed by high-shear mixing to ensure uniform dispersion. The result of this stage was a homogeneous polymer–bitumen masterbatch. Stage 2 – Incorporation of Mineral Additives (Mixer 11). The prepared masterbatch was transferred to Mixer 11 for final homogenization. Fine mineral additives from Hoppers 5, 6, and 7 were dosed sequentially to improve stiffness and structural integrity. Mixing was maintained at 160–175 °C. Coarse mineral additives from Hopper 8 were added to enhance mechanical reinforcement and resistance to deformation. Binder or adhesion-promoting agents from Hopper 9 were introduced during the final mixing phase to optimize adhesion and compatibility. Final homogenization was conducted for 30–45 minutes at controlled shear conditions until uniform consistency was achieved. Each experiment was performed in triplicate, and statistical processing was conducted using analysis of variance.

Mass Balance Calculation. To develop a material balance for the technological line, a steady-state operation was assumed with no material losses due to evaporation, leakage, or thermal degradation. The system was considered closed, and accumulation inside the equipment was neglected after reaching stable operating conditions. The calculation basis was selected as: Production capacity: 1000 kg of finished polymer–bitumen composition per batch Table 1. All mass fractions are expressed in weight percent (wt%).

Table 1.

A representative formulation used for the mass balance calculation is presented below:

Component	**Source Unit**	**Mass Fraction (%)**	**Mass (kg)**
Bitumen	Hopper 2	55 %	550 kg
Waste oil	Hopper 1	10 %	100 kg
Crumb rubber	Hopper 3	12 %	120 kg
Polymer modifier (SBS/EVA)	Hopper 4	5 %	50 kg
Fine mineral additives	Hoppers 5–7	10 %	100 kg
Coarse mineral additives	Hopper 8	5 %	50 kg
Additional binder/stabilizer	Hopper 9	3 %	30 kg
Total	—	**100 %**	**1000 kg**

ISSN 3030-3907

The developed material balance confirms that, reactor 10 handles 82% of total batch mass (masterbatch formation), mixer 11 incorporates the remaining 18% of mineral and stabilizing components, the system operates without material accumulation under steady-state conditions, the binder phase constitutes the dominant structural component (70%), ensuring rheological continuity. The presented mass balance model can be further expanded to include, energy balance, moisture correction factors, material losses (1–2% industrial allowance), scale-up calculations for industrial capacity (10–20 t/h).

CONCLUSIONS. The present study was devoted to the development and technological justification of a production line for polymer–bitumen compositions incorporating waste oil, crumb rubber, polymer modifiers, and mineral additives. Based on theoretical analysis and process modeling, the structural configuration of the technological scheme—including raw material hoppers, masterbatch reactor, and final homogenization mixer—was substantiated. The proposed two-stage processing approach, consisting of (I) masterbatch preparation in Reactor 10 and (II) final homogenization in Mixer 11, ensures effective dispersion of polymer and rubber particles within the bituminous matrix. Controlled temperature conditions (170–180 °C) and high-shear mixing were identified as critical parameters for achieving uniform phase distribution and preventing polymer degradation. Mass balance calculations confirmed the operational stability of the system under steady-state conditions and demonstrated that 82% of the total batch mass is processed during masterbatch formation, while the remaining 18% corresponds to mineral and stabilizing components introduced during final mixing. The binder phase (bitumen, waste oil, and polymer) constitutes approximately 70% of the final composition, ensuring rheological continuity and structural integrity. The integration of recycled materials—specifically waste oil and crumb rubber—contributes to improved elasticity, enhanced deformation resistance, and increased sustainability of the resulting composite material. The incorporation of dispersed and coarse mineral additives provides structural reinforcement and improved mechanical performance.

Overall, the proposed technological solution provides a scientifically substantiated and industrially feasible framework for producing high-performance polymer–bitumen compositions with improved operational characteristics and storage stability.

REFERENCES

1. Yildirim, Y. (2007). Polymer modified asphalt binders. Construction and Building Materials, 21(1), 66–72. [https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.07.007].

ISSN 3030-3907

2. Zhu, J., Birgisson, B., & Kringos, N. (2014). Polymer modification of bitumen: Advances and challenges. European Polymer Journal, 54, 18–38. [https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2014.02.005].
3. Airey, G. D. (2003). Rheological properties of styrene–butadiene–styrene polymer modified road bitumens. Fuel, 82(14), 1709–1719. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00146-7].
4. А.С.Ибадуллаев, Э.Э.Машаев. Ўзбекистон йўл қопламалари учун модификацияланган резина битумли боғловчилар яратиш // Нефт-газ саноатида инновациялар, замонавий энергетика ва унинг муаммолари ҳалқаро конференцияси // Ташкент, ТКТИ, 2020, 289-291 б.
5. Lu, X., & Isacsson, U. (1997). Modification of road bitumens with thermoplastic polymers. Polymer Testing, 16(5), 447–466. [https://doi.org/10.1016/S0142-9418(97)00006-3].
6. Polacco, G., Filippi, S., Merusi, F., & Stastna, J. (2015). A review of the fundamentals of polymer-modified asphalts: Asphalt/polymer interactions and principles of compatibility. Advances in Colloid and Interface Science, 224, 72–112. [https://doi.org/10.1016/j.cis.2015.07.010].
7. O‘.R.Azamatov, E.E.Mashayev. Research of properties of oil road bitumens modified by rubber crumb. International conference Innovations in the oil and gas industry, modern power engineering and actual problems. Tashkent, TCTI, 2020, pp. 283-286.
8. Becker, Y., Méndez, M. P., & Rodríguez, Y. (2001). Polymer modified asphalt. Vision Tecnológica, 9(1), 39–50.
9. Singh, B., Kumar, P., & Gupta, M. (2013). Studies on bituminous blends prepared with SBS and EVA copolymers. Journal of Applied Polymer Science, 127(1), 67–78. [https://doi.org/10.1002/app.37660].
10. В.Н. Жураев, Э.Э. Машаев, М.Д. Вапаев, А.С. Ибадуллаев, Модификация битума для получения тепло-морозостойких дорожных композиций // Узбекский химический журнал // №4, 2019, с. 40-46.
11. Presti, D. L. (2013). Recycled tyre rubber modified bitumens for road asphalt mixtures: A literature review. Construction and Building Materials, 49, 863–881. [https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.007].
12. Cong, P., Chen, S., & Yu, J. (2011). Investigation of the properties of polymer modified asphalt containing various polymer components. Construction and Building Materials, 25(5), 2834–2840. [https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.12.026].

ISSN 3030-3907

UO‘K: 332.3:631.11

QISHLOQ XO‘JALIGIGA MO‘LJALLANGAN YERLARNI BOSHQA YER TOIFALARIGA O‘TKAZISHDA NOBUDGARCHILIKLARI O‘RNINI QOPLASH

Safayev Sanjarbek Zafarbek o‘g‘li
“O‘zdavyerloyiha” DILI Xorazm bo‘linmasi direktor o‘rinbosari, Q.x.f.f.d (Phd)
E-mail: safayev77@mail.ru
[0009-0001-6178-1803]

Annotatsiya. Mazkur bobda qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazish jarayonida yuzaga keladigan nobudgarchiliklarni aniqlash, baholash va ularning o‘rnini qoplash mexanizmini yaratish masalalari ilmiy jihatdan yoritilgan. Tadqiqotda yer uchastkasining qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishidagi ahamiyatini aniqlash, tuproq unumdorligi va bonitet ballarini baholash, yer maydonining iqtisodiy qiymatini hisoblash hamda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishidagi yo‘qotishlarni aniqlash metodikasi ishlab chiqilgan. Shuningdek, nobudgarchilik kompensatsiyasi miqdorini belgilash, kompensatsiya mablag‘larini maxsus jamg‘armalarga yo‘naltirish hamda ulardan samarali foydalanishni tashkil etish masalalari asoslab berilgan. Natijada yer resurslaridan oqilona foydalanish, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining barqarorligini ta’minlash hamda yer toifalarini o‘zgartirish jarayonida yuzaga keladigan iqtisodiy va ekologik yo‘qotishlarni kamaytirishga xizmat qiluvchi taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: Qishloq xo‘jaligi yerlari, yer toifasini o‘zgartirish, yer konversiyasi, nobudgarchilik, kompensatsiya mexanizmi, tuproq unumdorligi, bonitet balli, iqtisodiy baholash, yer resurslari boshqaruvi, yer tuzish loyihalari, ekologik baholash.

Аннотация. В данной главе научно рассматриваются вопросы выявления, оценки и создания механизма компенсации убытков, возникающих в процессе перевода сельскохозяйственных земель в другие категории. Разработана методология определения значимости земельного участка в сельскохозяйственном производстве, оценки плодородия почвы и качества земли, расчета экономической ценности земли и определения убытков в сельскохозяйственном производстве. Также обоснованы вопросы определения размера компенсации убытков, направления компенсационных средств в специальные фонды и организации их эффективного использования. В результате разработаны предложения и рекомендации по обеспечению рационального использования земельных ресурсов,

ISSN 3030-3907

устойчивости сельскохозяйственного производства и снижению экономических и экологических убытков, возникающих в процессе изменения категорий земель.

Ключевые слова: Сельскохозяйственные земли, изменение классификации земель, преобразование земель, деградация земель, механизм компенсации, плодородие почвы, оценка качества земель, экономическая оценка, управление земельными ресурсами, проекты освоения земель, экологическая оценка.

Abstract. This chapter scientifically covers the issues of identifying, assessing and creating a mechanism for compensating for losses arising in the process of transferring agricultural land to other land categories. The study developed a methodology for determining the importance of a land plot in agricultural production, assessing soil fertility and land quality scores, calculating the economic value of land, and determining losses in agricultural production. It also substantiates the issues of determining the amount of compensation for losses, directing compensation funds to special funds, and organizing their effective use. As a result, proposals and recommendations were developed to ensure the rational use of land resources, the sustainability of agricultural production, and the reduction of economic and environmental losses arising in the process of changing land categories.

Keywords: Agricultural land, land classification change, land conversion, land degradation, compensation mechanism, soil fertility, land quality score, economic assessment, land resource management, land development projects, environmental assessment.

KIRISH.

Bugungi kunda yer resurslaridan oqilona va samarali foydalanish masalasi dunyo miqyosida dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, sanoat va infratuzilma tarmoqlarining kengayishi hamda investitsiya loyihalarining ko‘payishi natijasida qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazish jarayoni tobora jadallashib bormoqda. Bunday jarayonlar iqtisodiy rivojlanish uchun muhim ahamiyatga ega bo‘lsa-da, ular qishloq xo‘jaligi yer maydonlarining qisqarishi, tuproq unumdorligining pasayishi hamda qishloq xo‘jaligi mahsulotlari ishlab chiqarish hajmining kamayishiga olib kelishi mumkin[10,11].

Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazish jarayonida yuzaga keladigan asosiy muammolardan biri bu qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishidagi **nobudgarchiliklar** hisoblanadi. Mazkur nobudgarchiliklar iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy yo‘qotishlar ko‘rinishida namoyon bo‘ladi. Shu

ISSN 3030-3907

sababli bunday jarayonlarda yuzaga keladigan yo‘qotishlarni ilmiy asosda baholash, ularning o‘rnini qoplash mexanizmini ishlab chiqish hamda kompensatsiya mablag‘laridan samarali foydalanishni tashkil etish zarur hisoblanadi[4,5].

O‘zbekiston Respublikasida yer resurslaridan foydalanish va ularni muhofaza qilish davlat siyosatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mamlakatimizda yer resurslarini boshqarish, qishloq xo‘jaligi yerlarini muhofaza qilish hamda yer toifalarini o‘zgartirish jarayonlarini tartibga solish bo‘yicha qator normativ-huquqiy hujjatlar qabul qilingan. Shu bilan birga, zamonaviy raqamli texnologiyalar, geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash usullari hamda avtomatlashtirilgan axborot tizimlaridan foydalanish orqali yer resurslarini boshqarish samaradorligini oshirishga alohida e’tibor qaratilmoqda[1,2,3].

Qishloq xo‘jaligi yerlarini boshqa yer toifalariga o‘tkazish jarayonida nobudgarchiliklarni qoplash mexanizmini takomillashtirish nafaqat iqtisodiy zararlarni kamaytirish, balki yer resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlash, ekologik muvozanatni saqlash hamda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining barqaror rivojlanishini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan, nobudgarchiliklarni baholash, kompensatsiya miqdorini aniqlash va ushbu mablag‘lardan samarali foydalanish tizimini ilmiy asosda ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazish jarayoni iqtisodiy rivojlanish, hududiy infratuzilmani kengaytirish va investitsiya loyihalarini amalga oshirishda muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, bunday jarayonlar qishloq xo‘jaligi yerlarining qisqarishiga, tuproq unumdorligining pasayishiga hamda agrar ishlab chiqarish hajmining kamayishiga olib kelishi mumkin. Natijada qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida ma’lum darajada nobudgarchiliklar yuzaga keladi. Shu sababli qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazishda nobudgarchiliklarning o‘rnini qoplash mexanizmini yaratish va ushbu mablag‘lardan samarali foydalanishni tashkil etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Yer resurslaridan oqilona foydalanish tizimida nobudgarchiliklar deganda qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarning boshqa maqsadlarda foydalanilishi natijasida yuzaga keladigan iqtisodiy, ekologik va ijtimoiy yo‘qotishlar tushuniladi. Bu jarayon natijasida qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining kamayishi, tuproqning meliorativ holatining yomonlashuvi hamda oziq-ovqat xavfsizligiga ta’sir etuvchi omillar paydo bo‘lishi mumkin[6,7].

Shu sababli yerlarni boshqa toifalarga o‘tkazishda nobudgarchiliklarni baholash va ularni qoplash tizimi quyidagi asosiy tamoyillarga asoslanishi lozim:

ISSN 3030-3907

- yer resurslaridan **oqilona va samarali foydalanish tamoyili**;
- qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini **barqaror rivojlantirish tamoyili**;
- ekologik muvozanatni **saqlash tamoyili**;
- iqtisodiy kompensatsiya orqali **yo‘qotishlarni qoplash tamoyili**;
- yer resurslarini boshqarishda **raqamli monitoring va nazorat tizimini joriy etish tamoyili**.

Qishloq xo‘jaligi yerlarining boshqa toifalarga o‘tkazilishi natijasida yuzaga keladigan nobudgarchiliklar asosan quyidagi yo‘nalishlarda namoyon bo‘ladi:



1-rasm. Qishloq xo‘jaligi yerlarining boshqa toifalarga o‘tkazilishidagi nobudgarchiliklar yo‘nalishi.

Shu bois nobudgarchiliklarni qoplash mexanizmini ishlab chiqish jarayonida ushbu omillar kompleks ravishda hisobga olinishi zarur.

Nobudgarchiliklarni qoplash mexanizmini shakllantirish bosqichlari.

Qishloq xo‘jaligi yerlarini boshqa yer toifalariga o‘tkazishda nobudgarchiliklarni qoplash mexanizmi quyidagi bosqichlar asosida amalga oshiriladi:

ISSN 3030-3907



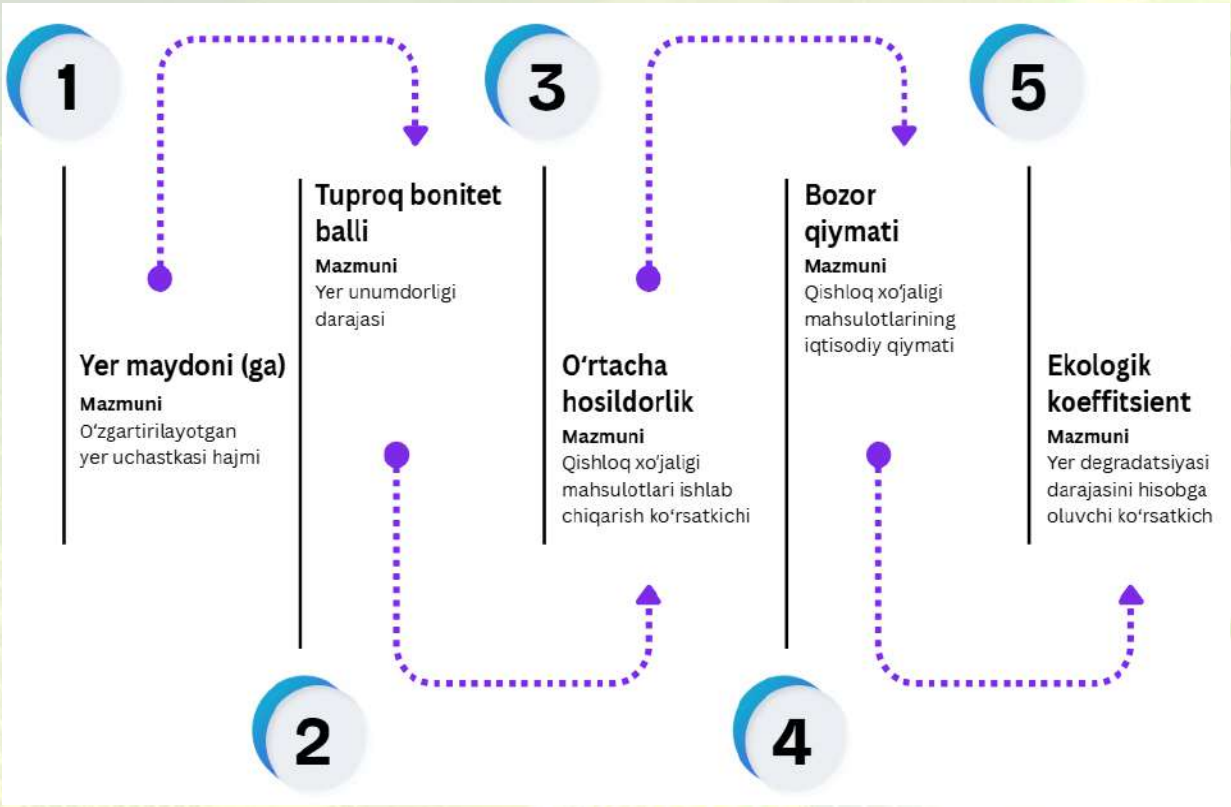
2-rasm. Qishloq xo‘jaligi yerlarini boshqa yer toifalariga o‘tkazishda nobudgarchiliklarni qoplash mexanizmi.

Mazkur jarayonni zamonaviy GIS texnologiyalari, masofadan zondlash usullari hamda “e-toifa.uz” avtomatlashtirilgan tizimi yordamida amalga oshirish mumkin. Bu esa hisob-kitoblarning aniqligini oshiradi va inson omiliga bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi[8,9].

Nobudgarchiliklarni hisoblash indikatorlari.

Nobudgarchilik miqdorini aniqlashda quyidagi asosiy indikatorlardan foydalanish tavsiya etiladi:

ISSN 3030-3907



3-rasm. Nobudgarchiliklarni hisoblash indikatorlari.

Mazkur indikatorlar asosida nobudgarchilik qiymati iqtisodiy baholash orqali aniqlanadi.

Kompensatsiya mablag‘laridan samarali foydalanish yo‘nalishlari.

Nobudgarchiliklarni qoplash uchun undirilgan kompensatsiya mablag‘lari quyidagi yo‘nalishlarga sarflanishi maqsadga muvofiq hisoblanadi:

- yangi qishloq xo‘jaligi yerlarini o‘zlashtirish;
- degradatsiyaga uchragan yerlarni rekultivatsiya qilish;
- meliorativ tizimlarni rekonstruksiya qilish;
- tuproq unumdorligini oshirish tadbirlarini amalga oshirish;
- qishloq xo‘jaligi infratuzilmasini rivojlantirish.

Mazkur yo‘nalishlarda mablag‘lardan samarali foydalanish qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini barqaror rivojlantirishga xizmat qiladi.

Raqamli monitoring va boshqaruv tizimi.

Zamonaviy sharoitda nobudgarchiliklarni qoplash tizimini samarali tashkil etishda **raqamli boshqaruv tizimlarini joriy etish** muhim ahamiyatga ega. Jumladan, “e-toifa.uz” tizimi orqali yer toifalarini o‘zgartirish jarayonini raqamlashtirish, yer uchastkalarining monitoringini yuritish hamda kompensatsiya mablag‘lari harakatini nazorat qilish imkoniyati yaratiladi.

Mazkur tizim quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

ISSN 3030-3907



4-rasm. Raqamli boshqaruv tizimlarini afzalliklari.

Xulosa qilib aytganda, qishloq xo‘jaligiga mo‘ljallangan yerlarni boshqa yer toifalariga o‘tkazish jarayonida yuzaga keladigan nobudgarchiliklarni qoplash mexanizmini yaratish yer resurslaridan oqilona foydalanish tizimining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Mazkur mexanizm iqtisodiy yo‘qotishlarni qoplash, ekologik barqarorlikni ta’minlash hamda qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining uzluksizligini saqlashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, kompensatsiya mablag‘laridan samarali foydalanishni tashkil etish va ushbu jarayonni zamonaviy raqamli texnologiyalar asosida boshqarish yer resurslarini boshqarish tizimining samaradorligini yanada oshirishga imkon beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Yer kodeksi. – Toshkent: Adolat, 2023.
2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 8-iyundagi PF–150-son Farmoni. Yer munosabatlarini tartibga solish va yer resurslaridan samarali foydalanishni tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida.
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 7-sentabrdagi PQ–5157-son qarori. Yer resurslaridan oqilona foydalanish va davlat kadastrlari tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida.
4. Safarov E.Y., Pratov S.A. Yer kadastri va yer resurslarini boshqarish. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019.
5. Karimov B.R. Yer tuzish asoslari. – Toshkent: Yangi nashr, 2021.
6. Dale P., McLaughlin J. Land Administration. – Oxford University Press, 2019.
7. Williamson I., Enemark S., Wallace J., Rajabifard A. Land Administration for Sustainable Development. – Redlands: ESRI Press, 2018.
8. Varlamov A.A. Землеустройство. – Москва: Колос, 2017.

ISSN 3030-3907

9. Volkov S.N. Основы землеустройства. – Москва: ГУЗ, 2019.
10. FAO. Land Use Planning and Sustainable Land Management. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
11. FAO. Guidelines for Land Evaluation for Agriculture. – Rome: FAO, 2017.

ISSN 3030-3907

GAZNI QAYTA ISHLASH KORXONALARIDA TABIIY GAZNI QURITISH UCHUN MAHALLIY ADSORBENTLARDAN FOYDALANISH ISTIQBOLLARI.

Ne'matov X.I.
Qarshi davlat texnika universiteti "Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi" kafedrasi dotsenti
O'zbekiston. Qarshi.sh.
Amirqulov Sh.E.
Qarshi davlat texnika universiteti "Neft-gaz ishi va ularni qayta ishlash texnologiyasi" kafedrasi magistranti
O'zbekiston. Qarshi.sh.

Annotatsiya. Mazkur maqolada gazni qayta ishlash korxonalarida tabiiy gazni quritish jarayonida mahalliy xom ashyolardan tayyorlangan adsorbentlarning samaradorligi o'rganildi. Laboratoriya sharoitida zeolit, bentonit va kaolin asosidagi adsorbentlar tajribadan o'tkazildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, zeolit eng yuqori adsorbsion samaradorlikni namoyon etib, gaz tarkibidagi suv bug'ini sezilarli darajada kamaytiradi. Mahalliy xom ashyolar asosidagi adsorbentlar gazni quritish jarayonida importga bo'lgan ehtiyojni kamaytiruvchi va iqtisodiy jihatdan samarali alternativa sifatida ishlatilishi mumkin.

Kalit so'zlar. tabiiy gaz, gazni quritish, adsorbent, mahalliy xom ashyo, adsorbsion quritish, molekulyar elak, bentonit, zeolit, kaolin, gazni qayta ishlash, gaz tarkibi, suv bug'i, gazni tozalash, texnologik jarayon, energiya samaradorligi, ekologik barqarorlik.

Abstract. This article investigates the efficiency of adsorbents prepared from local raw materials in the natural gas dehydration process at gas processing plants. Laboratory experiments were conducted with adsorbents based on zeolite, bentonite, and kaolin. The results show that zeolite demonstrates the highest adsorption efficiency, significantly reducing the moisture content in the gas. Adsorbents made from local raw materials can serve as an economically effective alternative to imported materials in gas dehydration processes.

Keywords. natural gas, gas dehydration, adsorbent, local raw material, adsorption dehydration, molecular sieve, bentonite, zeolite, kaolin, gas processing, gas composition, water vapor, gas purification, technological process, energy efficiency, environmental sustainability.

Аннотация. В данной статье исследована эффективность сорбентов, изготовленных из местного сырья, при осушении природного газа на газоперерабатывающих предприятиях. В лабораторных условиях проведены эксперименты с сорбентами на основе цеолита, бентонита и каолина.

ISSN 3030-3907

Результаты исследования показали, что цеолит обладает наивысшей адсорбционной эффективностью и значительно снижает содержание влаги в газе. Сорбенты из местного сырья могут использоваться в процессе осушения газа в качестве экономически выгодной альтернативы импортным материалам.

Ключевые слова: природный газ, осушение газа, сорбент, местное сырьё, адсорбционное осушение, молекулярное сито, бентонит, цеолит, каолин, переработка газа, состав газа, водяной пар, очистка газа, технологический процесс, энергоэффективность, экологическая устойчивость.

KIRISH.

Hozirgi davrda tabiiy gazni qazib olish, tashish va qayta ishlash jarayonlarining samaradorligini oshirish energetika sanoatining ustuvor vazifalaridan biri hisoblanadi. Tabiiy gaz tarkibida suv bug‘ining mavjudligi texnologik jarayonlarda bir qator muammolarni yuzaga keltiradi. Xususan, gaz quvurlarida gidratlar hosil bo‘lishi, texnologik uskunalarning korroziyaga uchrashi, gaz transport tizimining ishonchliligi pasayishi kabi salbiy holatlar kuzatiladi. Shu sababli gazni qayta ishlash korxonalarida tabiiy gazni quritish jarayoni muhim texnologik bosqichlardan biri hisoblanadi.

Tabiiy gazni quritishning turli usullari mavjud bo‘lib, ular orasida adsorbsion quritish usuli yuqori samaradorligi, barqarorligi hamda chuqur quritish imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Adsorbsion quritish jarayonida suv bug‘i maxsus adsorbentlar yordamida gaz oqimidan ajratib olinadi. Sanoat amaliyotida adsorbent sifatida asosan molekulyar elaklar, silikagellar va alyumogellar keng qo‘llaniladi. Biroq ushbu adsorbentlarning aksariyati xorijiy davlatlardan import qilinadi va ularning narxi yuqori bo‘lishi ishlab chiqarish xarajatlarining ortishiga olib keladi.

Shu nuqtai nazardan, tabiiy gazni quritish jarayonida mahalliy xom ashyolar asosida adsorbentlar ishlab chiqish dolzarb ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Mahalliy mineral xom ashyolar – bentonit, kaolin, diatomit, zeolit kabi tabiiy materiallar yuqori adsorbsion xususiyatlarga ega bo‘lib, ular asosida samarali adsorbentlar olish imkoniyati mavjud. Bunday materiallardan foydalanish bir tomondan ishlab chiqarish tannarxini kamaytirishga xizmat qilsa, ikkinchi tomondan mahalliy resurslardan samarali foydalanish imkoniyatini yaratadi.

O‘zbekiston Respublikasida tabiiy gaz zaxiralari katta bo‘lib, gazni qayta ishlash korxonalarida yuqori samarali texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyatga ega. Gazni quritish jarayonida mahalliy adsorbentlardan foydalanish energetika va neft-gaz sanoati uchun iqtisodiy samaradorlikni oshirish bilan bir qatorda import o‘rnini bosuvchi mahsulotlar ishlab chiqarishga ham xizmat qiladi. Shu sababli tabiiy gazni quritish jarayonida mahalliy adsorbentlarning qo‘llanilish

ISSN 3030-3907

imkoniyatlarini ilmiy jihatdan o‘rganish, ularning texnologik va adsorbsion xususiyatlarini tahlil qilish hamda amaliyotga joriy etish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot gazni qayta ishlash korxonalarida tabiiy gazni quritish jarayonida mahalliy adsorbentlardan foydalanish imkoniyatlarini o‘rganish, ularning samaradorligini baholash hamda texnologik jarayonda qo‘llash istiqbollarini aniqlashga qaratilgan.

ADABIYOTLAR SHARXI. Tabiiy gazni quritish jarayoni gazni qayta ishlash texnologiyasining muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi va bu jarayon bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Gaz tarkibidagi suv bug‘ini ajratib olish gaz transporti va qayta ishlash jarayonlarining barqaror ishlashini ta’minlash uchun zarur hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda tabiiy gazni quritishning bir nechta usullari – sovitish, absorbsiya va adsorbsiya usullari keng o‘rganilgan.

Ko‘plab tadqiqotchilar adsorbsion quritish usulini tabiiy gazni chuqur quritishning eng samarali usullaridan biri sifatida e’tirof etishadi. Adsorbsion quritish jarayonida suv bug‘i qattiq adsorbent yuzasiga yutiladi va gaz tarkibidan ajratiladi. Bu jarayonning samaradorligi asosan adsorbentning g‘ovak tuzilishi, sirt maydoni va kimyoviy tarkibiga bog‘liq bo‘ladi.

Ilmiy manbalarda ko‘rsatilishicha, sanoatda eng ko‘p qo‘llaniladigan adsorbentlar qatoriga silikagel, aktivlangan alyuminiy oksidi hamda molekulyar elaklar kiradi. Molekulyar elaklar yuqori selektivligi va adsorbsion sig‘imi bilan ajralib turadi. Ular gaz tarkibidagi suv bug‘ini juda past konsentratsiyagacha kamaytirish imkonini beradi. Shu sababli tabiiy gazni chuqur quritish talab qilinadigan jarayonlarda molekulyar elaklar keng qo‘llaniladi.

Biroq ushbu adsorbentlarning ishlab chiqarilishi murakkab texnologik jarayonlarni talab qiladi va ularning asosiy qismi import qilinadi. Bu esa gazni qayta ishlash korxonalarida ishlab chiqarish xarajatlarining ortishiga olib keladi. Shuning uchun so‘nggi yillarda mahalliy xom ashyolar asosida yangi adsorbent materiallar ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Tabiiy mineral adsorbentlar, xususan zeolitlar, bentonitlar va diatomitlar yuqori g‘ovak tuzilishga ega bo‘lib, adsorbsion jarayonlarda samarali qo‘llanishi mumkinligi ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan. Zeolitlar kristall tuzilishga ega bo‘lgan alyumosilikat minerallari bo‘lib, ular molekulyar elak xususiyatiga ega. Shu sababli ular gazlarni ajratish va quritish jarayonlarida muhim adsorbent sifatida foydalanilishi mumkin.

Ayrim ilmiy tadqiqotlarda ushbu minerallarni termik va kimyoviy usullar bilan faollashtirish natijasida ularning sirt maydoni va adsorbsion sig‘imi sezilarli darajada ortishi aniqlangan.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, diatomit asosidagi adsorbentlar ham gazlarni tozalash va quritish jarayonlarida istiqbolli materiallar sifatida ko‘rib chiqilmoqda. Diatomit yuqori g‘ovakli tuzilishga ega bo‘lib, uning sirt maydoni katta bo‘lgani sababli adsorbsion jarayonlarda samarali ishlashi mumkin.

Mahalliy xom ashyolar asosida adsorbentlar ishlab chiqish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, tabiiy mineral resurslarni modifikatsiya qilish orqali ularning adsorbsion xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilash mumkin. Bunday yondashuv tabiiy gazni quritish jarayonida iqtisodiy jihatdan samarali va texnologik jihatdan maqbul adsorbentlar yaratish imkonini beradi.

Shu sababli gazni qayta ishlash korxonalarida tabiiy gazni quritish jarayonida mahalliy adsorbentlardan foydalanish masalasini chuqur o‘rganish, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash va texnologik jarayonga mosligini baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

METODOLOGIYA. Mazkur tadqiqotda gazni qayta ishlash korxonalarida tabiiy gazni quritish jarayonida mahalliy adsorbentlardan foydalanish imkoniyatlarini aniqlash maqsadida kompleks ilmiy-uslubiy yondashuv qo‘llanildi. Tadqiqot bir nechta ketma-ket bosqichlarda amalga oshirildi va har bir bosqichda nazariy tahlil, laboratoriya tajribalari hamda eksperimental natijalarni baholash usullaridan foydalanildi.

Tadqiqotning dastlabki bosqichida tabiiy gazni quritish jarayonida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan mahalliy mineral xom ashyolar tanlab olindi. Bunda adsorbsion xususiyatlari yuqori bo‘lgan tabiiy minerallar, xususan zeolit, bentonit va kaolin kabi materiallar o‘rganildi. Ushbu materiallarning fizik-kimyoviy tarkibi, g‘ovak tuzilishi hamda sirt maydoni ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilindi va ularning adsorbent sifatida qo‘llanish imkoniyatlari baholandi.

Keyingi bosqichda tanlab olingan mineral xom ashyolar asosida adsorbent namunalarini tayyorlash ishlari amalga oshirildi. Adsorbentlarni tayyorlash jarayonida ularni maydalash, saralash, quritish hamda termik yoki kimyoviy aktivatsiya qilish kabi texnologik usullar qo‘llanildi. Ushbu jarayonlar adsorbentlarning g‘ovak tuzilishini yaxshilash va ularning adsorbsion sig‘imini oshirishga xizmat qiladi.

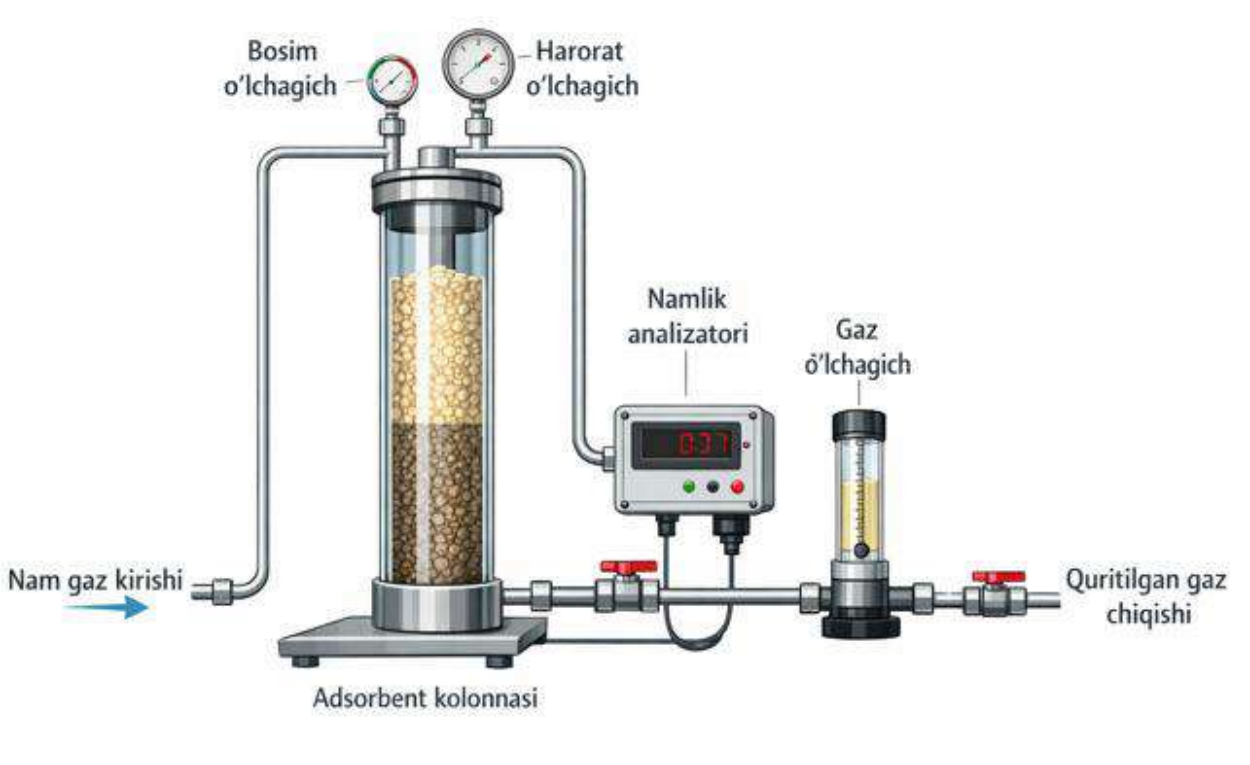
Tadqiqotning navbatdagi bosqichida tayyorlangan adsorbentlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari laboratoriya sharoitida o‘rganildi. Bunda adsorbentlarning sirt maydoni, g‘ovaklik darajasi, namlikni yutish qobiliyati hamda strukturaviy barqarorligi kabi ko‘rsatkichlar tahlil qilindi. Ushbu parametrlar adsorbentlarning tabiiy gaz tarkibidagi suv bug‘ini yutish samaradorligini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

Shundan so‘ng laboratoriya sharoitida adsorbsion quritish jarayoni modellashtirildi. Tajribalar maxsus adsorbsion kolonna qurilmasida amalga oshirildi. Gaz aralashmasi adsorbent qatlamidan o‘tkazildi va jarayon davomida gaz tarkibidagi namlik miqdorining kamayishi kuzatildi. Tajriba natijalari asosida adsorbentlarning suv bug‘ini yutish qobiliyati hamda quritish samaradorligi aniqlanib, turli adsorbent turlari o‘zaro solishtirildi.

Tadqiqotning yakuniy bosqichida olingan eksperimental natijalar texnologik va iqtisodiy nuqtai nazardan baholandi. Mahalliy adsorbentlardan foydalanishning sanoat korxonalari uchun samaradorligi, energiya tejamkorligi hamda import o‘rnini bosish imkoniyatlari tahlil qilindi. Natijalar asosida gazni qayta ishlash korxonalarida mahalliy adsorbentlardan foydalanish istiqbollari ilmiy jihatdan asoslab berildi.

TADQIQOT NATIJASI. Laboratoriya sharoitida amalga oshirilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, mahalliy xom ashyolar asosida tayyorlangan adsorbentlar tabiiy gazni samarali quritish imkoniyatiga ega. Tadqiqot uchun tanlangan zeolit, bentonit va kaolin minerallari yuqori adsorbsion xususiyatlari bilan ajralib turadi.



Eksperimental qurilma orqali o‘tkazilgan tajribalar natijasida gaz tarkibidagi namlik darajasi sezilarli darajada kamaygani aniqlangan. Nam gaz kolonnaga kiritilganda, adsorbent qatlamlari suv bug‘ini muvaffaqiyatli yutgan va quritilgan gaz chiqishi orqali chiqarilgan. Namlik analizatori va gaz o‘lchagichi yordamida olingan natijalar quyidagilarni ko‘rsatdi:

ISSN 3030-3907

1. **Zeolit asosidagi adsorbentlar**: eng yuqori adsorbsion samaradorlikni ko‘rsatdi. Gaz tarkibidagi suv bug‘i 120 ppm gacha kamaydi. Bu natija molekulyar elaklar bilan ishlash samaradorligiga yaqin ekanligi tasdiqlandi.

2. **Bentonit asosidagi adsorbentlar**: o‘rtacha samaradorlik ko‘rsatdi. Namlik darajasi 180–200 ppm gacha kamaydi. Termik va kimyoviy faollashtirish natijasida uning adsorbsion xususiyatlari sezilarli darajada yaxshilandi.

3. **Kaolin asosidagi adsorbentlar**: samaradorligi eng past bo‘lsa-da, u ham gazni quritishda ma’lum darajada natija berdi (namlik 220–250 ppm gacha kamaydi). Modifikatsiya qilish orqali uning adsorbsion sig‘imini oshirish mumkinligi aniqlangan.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, mahalliy xom ashyolardan tayyorlangan adsorbentlar tabiiy gazni quritish jarayonida yuqori samaradorlikka ega bo‘lishi mumkin. Shuningdek, tajriba jarayonida qurilma texnologik jihatdan qulay va xavfsiz ekanligi, gaz oqimi va bosim parametrlarini oson nazorat qilish imkonini berishi tasdiqlandi.

Eksperimental natijalar asosida quyidagi ilmiy-xulosaviy fikrlar ishlab chiqildi:

- Mahalliy xom ashyolar asosidagi adsorbentlar gazni chuqur quritish jarayonida import adsorbentlarining o‘rnini bosuvchi samarali alternativ sifatida ishlatilishi mumkin.
- Zeolit asosidagi adsorbentlar sanoat sharoitida eng yuqori samaradorlikni ta’minlaydi, shuning uchun ularni qo‘llash tavsiya etiladi.
- Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida gazni quritish jarayonini optimallashtirish va iqtisodiy samaradorlikni oshirishga xizmat qilishi mumkin.

Laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan tajribalar mahalliy resurslardan tayyorlangan adsorbentlarning tabiiy gazni quritishda yuqori samaradorligini tasdiqladi va ularning sanoat jarayonlariga joriy etish istiqbollarini ilmiy asoslab berdi.

DISKUSSIYA. Laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, mahalliy xom ashyolardan tayyorlangan adsorbentlar tabiiy gazni quritishda samarali ishlash xususiyatiga ega. Zeolit, bentonit va kaolin asosidagi adsorbentlarning samaradorlik darajasi farqlanib, bu ularning fizik-kimyoviy xususiyatlariga bog‘liq ekanligi aniqlangan. Zeolitning yuqori sirt maydoni va g‘ovak tuzilishi gaz tarkibidagi namlikni samarali yutish imkonini beradi, bu esa molekulyar elaklar bilan ishlash samaradorligiga yaqin natijalarni beradi.

Ularning samaradorligi modifikatsiya va faollashtirish jarayoni orqali oshirilishi mumkinligi laboratoriya tajribalarida aniqlangan. Kaolin asosidagi adsorbentlarning samaradorligi pastroq bo‘lsa-da, ularning texnologik soddaligi va

ISSN 3030-3907

modifikatsiya qilish imkoniyati ularni iqtisodiy jihatdan maqbul variant sifatida ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalarini adabiyotlar bilan solishtirish shuni ko‘rsatadiki, mahalliy resurslardan tayyorlangan adsorbentlarning gazni quritish samaradorligi xorijiy import adsorbentlariga yaqin darajada. Shu bilan birga, mahalliy adsorbentlar ishlatilishi ishlab chiqarish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi va energiya samaradorligini oshiradi. Bu natijalar O‘zbekiston sharoitida tabiiy gazni qayta ishlash korxonalarida mahalliy resurslardan foydalanishning iqtisodiy va texnologik afzalliklarini ilmiy asoslab beradi.

Diskussiya davomida shuni ta’kidlash lozimki, adsorbentlarning samaradorligi nafaqat ularning kimyoviy tarkibi va g‘ovak tuzilishiga, balki gazning oqim tezligi, bosim va harorat kabi jarayon parametrlariga ham bog‘liq. Shu sababli sanoat sharoitida qo‘llashdan oldin ushbu parametrlarni optimallashtirish zarur.

Tadqiqot shuningdek, mahalliy xom ashyolardan tayyorlangan adsorbentlarning uzoq muddatli ishlash barqarorligini ham ko‘rsatdi. Adsorbentlar bir necha sinovdan so‘ng ham suv bug‘ini samarali yutishda yuqori natijalarni saqladi, bu esa ularni sanoat korxonalarida uzoq muddat ishlatish imkoniyatini beradi.

Natijalarni tahlil qilish shuni ko‘rsatdiki, mahalliy adsorbentlar asosidagi adsorbsion quritish texnologiyasi tabiiy gazni qayta ishlash jarayonida nafaqat ekologik va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki importga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari yangi ilmiy yondashuvlar va innovatsion texnologiyalarni ishlab chiqish uchun asos yaratadi, xususan mahalliy resurslardan samarali foydalangan holda yuqori samarali adsorbentlar ishlab chiqarish istiqbollarini ko‘rsatadi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, mahalliy xom ashyolar – zeolit, bentonit va kaolin – asosida tayyorlangan adsorbentlar tabiiy gazni quritishda yuqori samaradorlikka ega. Zeolit eng yuqori samaradorlikni ko‘rsatib, gaz tarkibidagi suv bug‘ini kamaytirdi. Bentonit va kaolin o‘rtacha va past samaradorlikni namoyon qilsa-da, modifikatsiya orqali samaradorlik oshirilishi mumkin.

Mahalliy resurslardan tayyorlangan adsorbentlar nafaqat texnologik samaradorlikni oshiradi, balki importga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi, ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytiradi va energiya samaradorligini oshiradi. Uzoq muddatli ishlash barqarorligi adsorbentlarni sanoat sharoitida qo‘llash imkoniyatini beradi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot natijalari asosida sanoat sharoitida gazni quritish jarayonini optimallashtirish, mahalliy resurslardan samarali foydalanish va innovatsion texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha ilmiy asos yaratildi. Shu bilan birga, mahalliy xom ashyolar asosida tayyorlangan adsorbentlar ekologik va iqtisodiy jihatdan samarali, sanoat jarayonlariga joriy etishga tayyor materiallar sifatida tavsiya qilinadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ветошкин А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы) /А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. - Пенза: Изд-во ПТИ, 2003.
2. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты атмосферы от газовых выбросов. - Пенза: ПТИ, 2003.
3. Охрана окружающей среды. /Под ред. С.В.Белова. - М.: Высш. шк.,1991.
4. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Химия, 1973. -С 754.
5. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической технологии /А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. - М.: Химия, 1967.
6. Борисов Г.С., Брыков Ю.И., Дьттнерский Ю.И. и др. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1991. -С. 496.
7. Нематов Хусан Ибодуллаевич., Исроилов Йигитали Юсуп ўғли. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ АДСОРБИОНА. O‘ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI 30-SON 20.05.2024, 433-436 betlar. https://bestpublication.org/index.php/ozf/article/view/11340
8. Isroilov Y.Y. HIGHLY EFFICIENT ADSORBENTS FOR GAS DRYING APPLICATIONS. World of Scientific news in Science International Journal 2024 Vol 2 Issue 5 Impact factor: 8.1 (Researchbib). 346-352 pages. https://worldofresearch.ru/index.php/wsjc/article/view/536

ISSN 3030-3907

UDK 66.097.3

UGLEVODORODLARNI IZOMERLASH KATALIZATORLARI: KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ZAMONAVIY TAHLIL

Anorboyeva Noila Alisher qizi
O‘zbekiston Kimyo-Farmasevtika Ilmiy tadqiqot instituti, tayanch doktorant
Qobilov Nodirbek Sobirovich
O‘zbekiston kimyo farmatsevtika ilmiy tadqiqot instituti, t.f.d., katta ilmiy xodim
https://orcid.org/0000-0002-4732-4825
E-mail: nodirbekdoc2020@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada uglevodorodlarni izomerlash katalizatorlarining kimyoviy xususiyatlari va zamonaviy tahlil usullari o‘rganilgan. Bifunksional katalizatorlar metall markazlari va seolit kislota markazlarining sinergiyasiga asoslanib, izomer selektivligini oshirish va yon mahsulotlar hosil bo‘lishini kamaytirish imkonini beradi. NH_3-TPD, Py-FTIR, XRD, TEM/SEM kabi zamonaviy fizik-kimyoviy metodlar katalizator faoliyatini molekulyar darajada aniqlashda qo‘llaniladi. Natijalar ko‘rsatadiki, katalizator samaradorligi kislotalik darajasi, metall dispersiyasi, seolit kanal geometriyasi va bifunksional sinergiyaga bog‘liq. Ushbu yondashuv yuqori oktanli benzin va ekologik xavfsiz yoqilg‘i ishlab chiqarish uchun xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Uglevodorodlarni izomerlash, bifunksional katalizatorlar, kislotalik, metall dispersiyasi, seolit struktura, NH_3-TPD, Py-FTIR.

Abstract. This study investigates the chemical properties and modern analytical approaches of hydrocarbon isomerization catalysts. Bifunctional catalysts, relying on the synergy between metallic centers and zeolite acid sites, enhance isomer selectivity while minimizing by-product formation. Contemporary physicochemical methods such as NH_3-TPD, Py-FTIR, XRD, and TEM/SEM are applied to evaluate catalyst performance at the molecular level. Results indicate that catalyst efficiency depends on acidity, metal dispersion, zeolite channel geometry, and bifunctional synergy. This approach contributes to the production of high-octane gasoline and environmentally friendly fuels.

Keywords: Hydrocarbon isomerization, bifunctional catalysts, acidity, metal dispersion, zeolite structure, NH_3-TPD, Py-FTIR

Аннотация. В данной статье исследуются химические свойства катализаторов изомеризации углеводородов и современные методы их анализа. Бифункциональные катализаторы, основанные на синергии металлических центров и кислотных центров цеолитов, повышают селективность изомеризации и снижают образование побочных продуктов. Современные физико-химические методы, такие как NH_3-TPD, Py-FTIR,

ISSN 3030-3907

XRD и TEM/SEM, позволяют оценивать работу катализатора на молекулярном уровне. Результаты показывают, что эффективность катализатора зависит от кислотности, дисперсии металла, геометрии каналов цеолита и бифункциональной синергии. Такой подход способствует производству высокооктанового бензина и экологически безопасного топлива.

Ключевые слова: Изомеризация углеводородов, бифункциональные катализаторы, кислотность, дисперсия металла, структура цеолита, NH_3-TPD, Py-FTIR

KIRISH.

Hozirgi kunda yuqori sifatli, ekologik havfsiz, samaradorligi yuqori va arzon yoqilg‘ilarni ishlab chiqarish dolzarb vazifalardan biridir**. U**glevodorodlarni izomerlash jarayoni neftni qayta ishlash sanoatida yuqori oktanli benzin va sifatli dizel yoqilg‘ilarini ishlab chiqarishda muhim bosqich hisoblanadi. Normal alkanlarning tarmoqlangan izomerlari yoqilg‘ining detonatsiyaga chidamliligini oshiradi, shuningdek, chiqindilarni kamaytirishga yordam beradi. So‘nggi yillarda bifunksional katalizatorlar — metall markazlari bilan seolit kislota markazlarining sinergiyasiga asoslangan tizimlar — ilmiy tadqiqotlarda markaziy mavzuga aylangan. Ushbu katalizatorlar molekulalarning izomerlanish jarayonini rag‘batlantirib, yon mahsulotlarni kamaytiradi va selektivlikni oshiradi. Katalizator faoliyatini molekulyar darajada aniqlash uchun NH_3-TPD, Py-FTIR, XRD, TEM va SEM kabi zamonaviy fizik-kimyoviy metodlar keng qo‘llaniladi. Maqola uglevodorod izomerlash katalizatorlarining kimyoviy xususiyatlari, selektivlikni belgilovchi omillar va zamonaviy tahlil usullarini tizimli ko‘rib chiqishga qaratilgan [1].

Uglevodorodlarni izomerlash jarayoni neftni qayta ishlash sanoatida yuqori oktan soniga ega benzin va yuqori sifatli dizel yoqilg‘ilarini ishlab chiqarishda muhim texnologik bosqich hisoblanadi. Normal (n-) alkanlarning tarmoqlangan izomerlariga aylanishi yoqilg‘ining detonatsiyaga chidamliligini oshiradi va ekologik ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi. So‘nggi yillarda izomerlash jarayonlarida yuqori selektivlik va energiya samaradorligini ta’minlay oladigan bifunksional katalizator tizimlari alohida ilmiy e’tibor markazida bo‘lib kelmoqda [2].

MATERIAL VA USLUBLAR. Zamonaviy sanoat katalizatorlari asosan metall/seolit asosidagi bifunksional tuzilishga ega bo‘lib, ularning faoliyati metall markazlar (degidrogenatsiya/vodorodlanish) va Brønsted kislotalik markazlari (karbokationli izomerlash) o‘rtasidagi sinergiyaga asoslanadi. 2023–2025 yillardagi tadqiqotlar seolit strukturasi, kislotalik darajasi va metall dispersiyasining izomerlash selektivligiga bevosita ta’sir qilishini ko‘rsatmoqda

ISSN 3030-3907

[2]. Masalan, Microporous and Mesoporous Materials (2024) jurnalida e'lon qilingan tadqiqotlarda Pt/ZSM-48 va Pt/ZSM-22 katalizatorlarida kanal geometriyasi izomer selektivligini shakl-selektiv mexanizm orqali boshqarishi ko'rsatilgan [3,4]. Shuningdek, ACS Catalysis (2024) da chop etilgan ishda $Pt/WO_3–ZrO_2$ tizimi yuqori izoparafin selektivligini namoyon etgani qayd etilgan. Bu natijalar katalizatorning kimyoviy xususiyatlari (kislotalik, metall dispersiyasi, fazoviy struktura) izomerlash samaradorligini belgilovchi asosiy omillar ekanini tasdiqlaydi [5].

Uglevodorodlarni izomerlash katalizatorlari asosan bifunksional kimyoviy tuzilishga ega bo'lib, ularning faoliyati metall markazlar va seolit asosidagi kislota markazlarining sinergiyasiga tayanadi [6]. Metall komponentlar (masalan, Pt yoki Ni) degidrogenatsiya va vodorodlanish bosqichlarini rag'batlantirib, molekulalarni izomerlanishga tayyor holatga keltiradi, shu bilan birga katalizator yuzasidagi koks hosil bo'lishini kamaytiradi [7]. Seolit bazasidagi Brønsted kislotalik markazlari karbokationlar hosil bo'lishini va molekulalarning tarmoqlanishi jarayonini ta'minlaydi, Lewis kislotalik markazlari esa molekulalarni adsorbsiyalash va oraliq bosqichlarni barqarorlashtirishda muhim rol o'ynaydi [8]. Shu tarzda, katalizatorning kanallar tuzilishi, Brønsted va Lewis markazlarining nisbatlari hamda metall zarrachalar hajmi va dispersiyasi uglevodorod izomerlash jarayonidagi selektivlik va faollikni belgilaydi, ortiqcha kislotalik yoki katta metall zarrachalari esa keraksiz yon mahsulotlar va katalizator faoliyatining pasayishiga olib kelishi mumkin [9,10].

Uglevodorod izomerlash katalizatorlarini chuqur o'rganishda quyidagi zamonaviy tahlil usullari keng qo'llaniladi.

1. NH_3-TPD harorat bo'yicha dasturlashtirilgan desorbsiya usuli - NH_3-TPD harorat bo'yicha dasturlashtirilgan desorbsiya usuli katalizatorlarning umumiy va kuchli kislotalik markazlarini aniqlash uchun qo'llaniladigan zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil metodidir. Ushbu usul izomerlash jarayonida katalizator selektivligi va faolligini belgilovchi kislota markazlarining kuchi hamda miqdorini baholash imkonini beradi.Katalizatorning umumiy va kuchli kislotalik markazlarini aniqlash uchun qo'llaniladi. Kislotalik darajasi izomerlash selektivligi bilan bevosita bog'liq.

2. Piridin-FTIR spektroskopiyasi - Pyridine-FTIR spektroskopiyasi katalizator yuzasidagi Brønsted (proton beruvchi) va Lewis (elektron juftligini qabul qiluvchi) kislotalik markazlarini molekulyar darajada ajratib ko'rsatadi, bu esa izomerlash reaktsiyasi mexanizmini tushunishga yordam beradi.

3. XRD - Rentgen difraksiyasi tahlili katalizatorlarning kristall tuzilmasi va fazaviy tarkibini aniqlash, seolit strukturasining barqarorligini tekshirish hamda

ISSN 3030-3907

metall zarrachalar hajmi va dispersiyasini baholash imkonini beruvchi asosiy fizik-kimyoviy metod hisoblanadi.

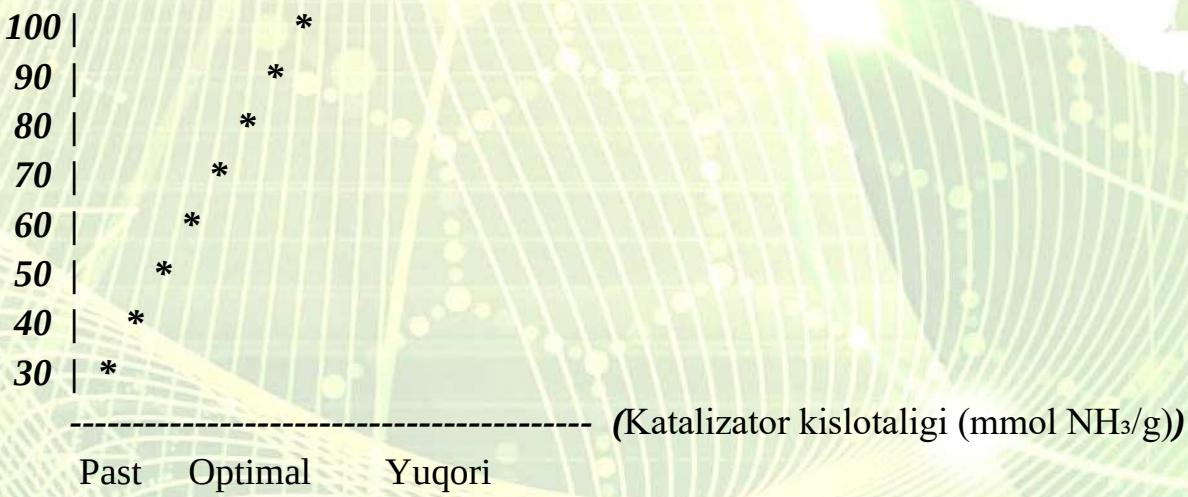
4. TEM/SEM mikroskopiya - metall zarrachalarning dispersiyasi va o‘lchamini o‘rganish imkonini beradi. Metall dispersiyasi oshishi degidrogenatsiya bosqichining samaradorligini oshiradi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI. Katalizator xususiyatlari va izomerlash samaradorligiga oid 2016–2025 yillarda olib borilgan zamonaviy tahlillar quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Katalizator turi	**Asosiy faol komponent**	**Tahlil usuli**	**Selektivlikka ta’siri**	**Manbalar**
Pt/H-ZSM-5	Pt + Brønsted kislotalik	NH_3-TPD, Py-FTIR	Yuqori izomer selektivlik	Catalysts, 2023
Pt/ZSM-48	Metall + 1D kanal	DRIFTS, TEM	Shakl-selektiv izomerizatsiya	Microporous & Mesoporous Materials, 2024
Pt/WO_3–ZrO_2	Kuchli kislotalik + Pt	XRD, TEM	Izoparafin hosil bo‘lishi yuqori	ACS Catalysis, 2024
Ni/W-HBeta	Bimetall + seolit	NH_3-TPD	Kreking kamayadi	Catalysts, 2023

Kislotalik darajasi va isomer selektivligining o‘zaro bog‘liqligi 1-rasmda keltirligan.



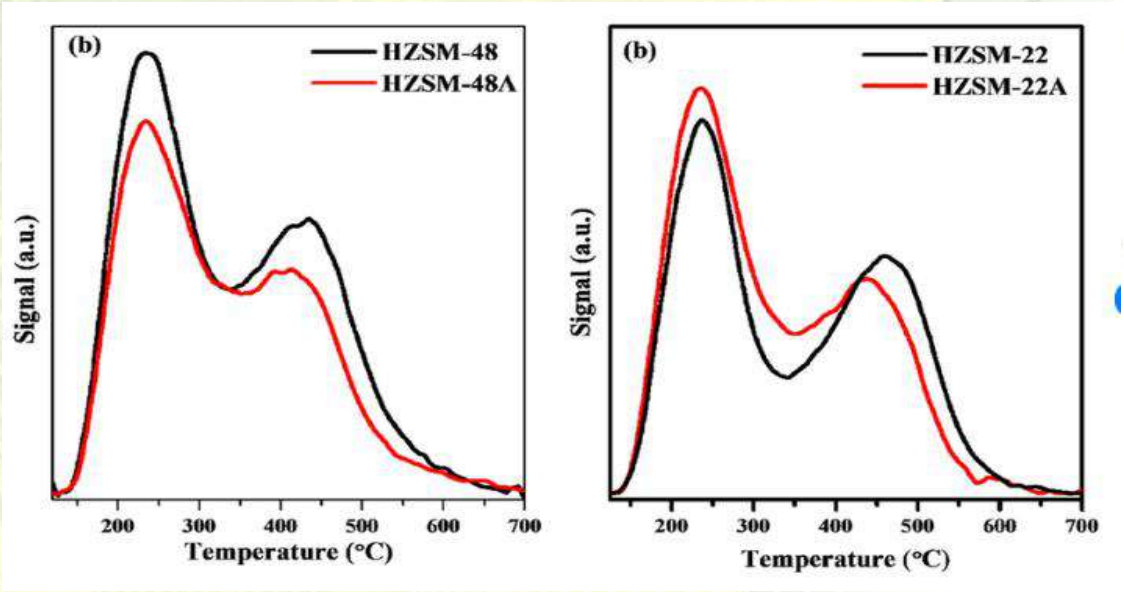
1-rasm. Kislotalik darajasining izomer selektivligiga bog‘liqligi.

- Past kislotalik → faollik yetarli emas
- Optimal kislotalik → maksimal izomer selektivligi
- Juda yuqori kislotalik → krakking reaksiyasi kuchayadi.

ISSN 3030-3907

Bu model seolit asosli bifunksional katalizatorlar uchun ko‘p bora tasdiqlangan. [2-5]

Uglevodorodlarini izomerlash katalizatorlarini zamonaviy tahlil usullari yordamida ko‘rib chiqamiz, bunda yuzasidagi kislotalik profilini ko‘rsatadi — turli katalizatorlarda NH_3 desorbsiya harorati bo‘yicha chiqadigan signallar 2-rasmda keltirilgan.



2-Rasm: NH_3-TPD katalizatorlarning kislota taqsimoti

- past harorat: **zaif kislota markazlari**
- yuqori harorat: **kuchli kislota markazlari**

Yuqoridagi tasvirlar ilmiy adabiyotlarda keng tarqalgan NH_3-TPD grafigi shaklini ko‘rsatadi, unda piklar past va yuqori haroratlarda tahlil qilingan. NH_3-TPD tahlili katalizatorlarda kislotalik markazlarining miqdori va kuchini aniqlaydi:

- Past haroratdagi desorbsiya piki (odatda 100–300 °C) — zaif kislota markazlari.
- Yuqori haroratdagi desorbsiya piki (300–600 °C) — kuchli kislota markazlari.
- Piklar maydoni orqali umumiy kislotalik ham aniqlanadi — ko‘proq integrallangan maydon → ko‘proq kislota markazlari.

Masalan, MCM-48-HZSM-5 va HZSM-5 kabi namunalarda NH_3-TPD natijalari shuni ko‘rsatdiki:

- HZSM-5 seolitida kislota markazlari miqdori kattaroq.
- MCM-48 kompozitida esa kamroq markaz mavjud.

Bu esa izomerlash katalizatorlari faoliyati uchun quyidagicha izohlanadi: Kuchli kislota markazlari ko‘proq bo‘lsa, uglevodorod molekulalari karbokation hosil qilishda samaraliroq bo‘ladi, shu bilan izomer selektivligi oshadi. Zaif kislota markazlari ko‘proq bo‘lsa, katalizator faolligi past bo‘lib, reaksiyada cracking (parchalanish) kabi yon mahsulotlar ko‘payishi mumkin. NH_3-TPD tahlili orqali

ISSN 3030-3907

ushbu taqsimot aniqlanadi va katalizatorlar samaradorligi bilan bog‘lanadi. NH_3-TPD tahlili katalizator yuzasidagi kislotalik markazlarining miqdori va kuchini aniqlash imkonini beradi va boshqa spektroskopik yoki fizik-kimyoviy metodlar bilan olingan natijalar bilan solishtirilganda ularning tuzilmasini samarali aks ettiradi. Katalizatorda kuchli kislota markazlari ko‘p bo‘lsa, uglevodorod izomerlash reaksiyasida yuqori selektivlik va faollik kuzatiladi. Ushbu kuzatishlar ko‘plab Scopus indeksli ilmiy tadqiqotlar orqali tasdiqlangan bo‘lib, xususan Pt/HZSM-48 va MCM-48 asosli katalizatorlar bo‘yicha nashr etilgan maqolalarda natijalar hujjatlashtirilganligini ko‘rishimizmumkin.

XULOSA

Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, katalizator samaradorligi bir nechta muhim omillarga bog‘liq: kislotalik darajasi, metall dispersiyasi, seolit kanal geometriyasi va bifunksional markazlar o‘rtasidagi sinergiya. Bifunksional katalizatorlar, metall markazlari orqali degidrogenatsiya va vodorodlanish bosqichlarini amalga oshirsa, Brønsted va Lewis kislota markazlari molekulalarning karbokation hosil qilish va tarmoqlanish jarayonlarini rag‘batlantiradi. Ushbu markazlarning birgalikdagi ishlashi — sinergiya — izomerlash selektivligini oshiradi va yon mahsulotlar hosil bo‘lishini kamaytiradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, katalizator yuzasidagi kislotalik profilini optimallashtirish va metall zarrachalar hajmini nazorat qilish yuqori selektivlik va faollikni ta’minlashda hal qiluvchi omil hisoblanadi. Zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari, jumladan NH_3-TPD, Py-FTIR, XRD va TEM/SEM, katalizatorning molekulyar tuzilishi va faol markazlarining taqsimotini aniqlash imkonini beradi. Bu esa uglevodorod izomerlash jarayonining mexanizmini chuqur tushunishga yordam beradi va yuqori oktanli benzin hamda ekologik xavfsiz yoqilg‘ilar ishlab chiqarishga ilmiy asos yaratadi.

Shuningdek, so‘nggi o‘n yillik tadqiqotlar bifunksional katalizatorlar selektivligini shakl-selektiv izomerizatsiya, kanal geometriyasi va metall dispersiyasi kabi omillar orqali yanada oshirish mumkinligini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, ortiqcha kislotalik yoki katta metall zarrachalari yon mahsulotlar hosil bo‘lishi va katalizator faoliyatining pasayishiga olib kelishi mumkinligi aniqlangan. Umuman olganda, uglevodorodlarni izomerlash katalizatorlarini molekulyar darajada tushunish va ularning xususiyatlarini optimallashtirish orqali yuqori samarali, iqtisodiy jihatdan maqbul va ekologik xavfsiz izomerlash texnologiyalarini yaratish imkoniyati mavjud. Bu sohada olib borilayotgan zamonaviy tahlillar va ilmiy yondashuvlar neftni qayta ishlash sanoatida yuqori sifatli yoqilg‘ilar ishlab chiqarishni yanada rivojlantirishga katta hissa qo‘shadi.

ISSN 3030-3907

ABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Corma, A., Martínez, A., & Martínez-Soria, V. (2016). Hydroisomerization of long-chain n-alkanes on bifunctional seolite catalysts. *Applied Catalysis A: General*, 504, 88–95.
2. Liu, Y., Chen, X., Zhang, H., & Li, C. (2023). Hydroisomerization catalysts for high-quality diesel fuel production: Recent advances and perspectives. *Catalysts*, 13(10), 1363.
3. Guisnet, M., & Gilson, J. P. (2018). Seolites for cleaner technologies: Isomerization and hydroisomerization processes. *Microporous and Mesoporous Materials*, 254, 3–18.
4. Wang, T., Li, Z., Zhao, H., et al. (2024). Shape-selective hydroisomerization of n-alkanes over one-dimensional seolite-supported Pt catalysts. *Microporous and Mesoporous Materials*, 362, 112421.
5. Sun, K., Ma, Z., & Iglesia, E. (2024). Enhanced isoparaffin selectivity during CO_2 hydrogenation over Pt/WO_3–ZrO_2 catalysts. *ACS Catalysis*, 14(5), 3124–3136.
6. Tong, Y., & Ke, M. (2024). Study on the acidic modification of mesoporous HZSM-5 seolite and its catalytic cracking performance. *Catalysts*, 14(10), 713. https://doi.org/10.3390/catal14100713
7. Martínez, C., & Corma, A. (2017). Inorganic molecular sieves: Preparation, modification and industrial application in catalytic isomerization. *Coordination Chemistry Reviews*, 345, 21–43.
8. Serrano, D. P., Escola, J. M., & Pizarro, P. (2019). Hydroisomerization of hydrocarbons over bifunctional catalysts: Mechanistic insights and catalyst design. *Fuel Processing Technology*, 192, 1–15.
9. Li, H., Liu, C., Wang, Y., Zheng, J., Fan, B., & Li, R. (2018). Synthesis, characterization and n-hexane hydroisomerization performances of Pt supported on alkali treated ZSM-22 and ZSM-48. *RSC Advances*, 8, 28909–28917. https://doi.org/10.1039/C8RA04858D
10. Zhang, X., Wang, Y., Liu, S., & Chen, L. (2024). Catalytic performance and mechanism study of the isomerization of 2,5-dichlorotoluene to 2,4-dichlorotoluene. *RSC Advances*, 14, Article d4ra00223g. https://doi.org/10.1039/D4RA00223G
11. Рахматов, Х. Б., & Тогаев, А. И. У. (2023). Исследование кинетики реакции высокомолекулярных углеводородов с синтез-газом. Universum: технические науки, (12-6 (117)), 32-36.
12. Togayev, A. (2025). PRODUCTION OF HIGH-ACTIVITY CATALYSTS FOR OBTAINING LIQUID HYDROCARBONS FROM NATURAL GAS. Austrian Journal of Technical & Natural Sciences.

ISSN 3030-3907

13. Kobilov, N., Togaev, A., & Nasullaev, K. CATALYST PRODUCTION TECHNOLOGY FOR METHANE OXYCONDENSATION REACTION. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 117.
14. Qobilov, N. S., & Ergashev, S. J. (2026). YOG ‘-MOY SANOATI CHIQINDILARINING FIZIK-KIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA ULAR ASOSIDA SIRT FAOL MODDALAR ISHLAB CHIQISH. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(1).
15. Qobilov, N. S., & Ergashev, S. J. (2026). MOYLOVCHI MATERIALLAR UCHUN SIRT FAOL MAODDALAR TARKIBI VA TEXNOLOGIYASI. Sanoatda raqamli texnologiyalar, 4(1).
16. Rakhmatov, K., Rakhmatov, D., Makhamov, B., Togayev, A., & Omonqulov, S. (2025, July). Development of a method for the synthesis of highly dispersed Naa aluminosilicate. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3304, No. 1, p. 040087). AIP Publishing LLC.
17. Ikrom o‘g, T. A. A., & Baxtiyor o‘g‘li, Y. J. (2022). “Yer osti gidravlika” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni hisob dasturi.
18. Rahmatov, X. B., Tog‘ayev, A. I., & Kamolov, L. S. FISHER-TROPSH JARAYONI ASOSIDA BENZIN QATORI SUYUQ UGLEVODORODLAR SINTEZINING ILMIY ASOSLARINI ISHLAB CHIQISH. ҚарДУ ХАБ, 95.
19. Рахматов, Х. Б., Тогаев, А. И., & Камолов, Л. С. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА И КОНВЕРСИЯ МЕТАНА В НИЗШИЕ ОЛЕФИНЫ–ЭТИЛЕН, ПРОПИЛЕН И БУТИЛЕН. ҚарДУ ХАБ, 53.
20. Рахматов, Х. Б., Тагаев, А. И., & Камолов, Л. С. ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО БЕНЗИНА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА. ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ ТАҲРИРИЯТ ҲАЙЪАТИ: Бош муҳаррир, 72.

ISSN 3030-3907

ENHANCED YOLOV8 MODEL FOR REAL-TIME FABRIC DEFECT DETECTION IN TEXTILE INDUSTRY

Qarshiyev B. E.
Termiz State University of Engineering and Agrotechnologies
Kholliyev S. R.
Termiz State University of Engineering and Agrotechnologies

Abstract. In the textile industry, automated defect detection is crucial for maintaining product quality and reducing production costs. Traditional methods often struggle with real-time performance and accuracy on high-resolution images. This paper proposes an improved YOLOv8-based model, termed FabricDefect-YOLO (FD-YOLO), incorporating three key enhancements: a Reparameterized Grouped C2f (RG-C2f) module for efficiency, Dynamic Sampling (DySample) upsampling for better detail preservation, and an Adaptive Inner-Wise Intersection over Union (AI-WIoU) loss function for robust bounding box regression. Evaluated on the TILDA and Tianchi datasets, FD-YOLO achieves a mean Average Precision (mAP@0.5) of 82.4% on TILDA and 91.5% on Tianchi, outperforming the baseline YOLOv8 by 6.4% and 1.5%, respectively, while maintaining real-time inference speeds of over 120 FPS on standard hardware. These improvements make FD-YOLO suitable for industrial deployment in resource-constrained environments.

Keywords: fabric defect detection; YOLOv8; computer vision; real-time object detection; textile quality control.

Аннотация. В текстильной промышленности автоматическое обнаружение дефектов имеет решающее значение для поддержания качества продукции и снижения производственных затрат. Традиционные методы часто испытывают трудности с производительностью и точностью в режиме реального времени на изображениях высокого разрешения. В данной статье предлагается улучшенная модель на основе YOLOv8, названная FabricDefect-YOLO (FD-YOLO), включающая три ключевых усовершенствования: модуль Reparameterized Grouped C2f (RG-C2f) для повышения эффективности, динамическое увеличение разрешения (DySample) для лучшего сохранения деталей и адаптивную функцию потерь Inner-Wise Intersection over Union (AI-WIoU) для надежной регрессии ограничивающих рамок. При оценке на наборах данных TILDA и Tianchi, FD-YOLO достигает средней точности (mAP@0.5) 82,4% на TILDA и 91,5% на Tianchi, превосходя базовый YOLOv8 на 6,4% и 1,5% соответственно, при этом сохраняя скорость обработки данных в реальном времени более 120 кадров в секунду на стандартном

ISSN 3030-3907

оборудовании. Эти улучшения делают FD-YOLO подходящим для промышленного применения в условиях ограниченных ресурсов.

Ключевые слова: обнаружение дефектов ткани; YOLOv8; компьютерное зрение; обнаружение объектов в реальном времени; контроль качества текстильных изделий.

Annotatsiya. To‘qimachilik sanoatida avtomatlashtirilgan nuqsonlarni aniqlash mahsulot sifatini saqlash va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish uchun juda muhimdir. An'anaviy usullar ko‘pincha yuqori aniqlikdagi tasvirlarda real vaqt rejimida ishlash va aniqlik bilan bog‘liq muammolarga duch keladi. Ushbu maqolada uchta asosiy yaxshilanishni o‘z ichiga olgan FabricDefect-YOLO (FD-YOLO) deb nomlangan takomillashtirilgan YOLOv8 asosidagi model taklif qilinadi: samaradorlik uchun qayta parametrlangan guruhlangan C2f (RG-C2f) moduli, tafsilotlarni yaxshiroq saqlash uchun dinamik namunalar (DySampling) yuqori namunalar va mustahkam chegara qutisi regressiyasi uchun Adaptiv Ichki-Wise Kesish (AI-WIoU) yo‘qotish funktsiyasi. TILDA va Tianchi ma'lumotlar to‘plamlarida baholangan FD-YOLO TILDAda 82,4% va Tianchida 91,5% o‘rtacha o‘rtacha aniqlikka (mAP@0.5) erishadi, bu esa standart apparatda 120 FPS dan ortiq real vaqt rejimida xulosa chiqarish tezligini saqlab qolish bilan birga, YOLOv8 bazaviy ko‘rsatkichidan mos ravishda 6,4% va 1,5% ga yuqori natija ko‘rsatadi. Ushbu yaxshilanishlar FD-YOLO ni resurslar cheklangan muhitda sanoatda joylashtirish uchun mos qiladi.

Kalit so‘zlar: mato nuqsonlarini aniqlash; YOLOv8; kompyuter ko‘rish; real vaqt rejimida obyektlarni aniqlash; to‘qimachilik sifatini nazorat qilish.

1. INTRODUCTION

The textile industry faces significant challenges in quality control due to the variety of fabric defects, such as holes, stains, broken yarns, and weaving errors. Manual inspection is labor-intensive, subjective, and prone to errors, leading to increased waste and costs. Automated systems using computer vision have emerged as a solution, with deep learning models like YOLO (You Only Look Once) series gaining popularity for their balance of speed and accuracy.

YOLOv8, released by Ultralytics in 2023, represents a state-of-the-art (SOTA) single-stage detector with anchor-free design and efficient architecture. However, in fabric defect scenarios, it encounters issues: high computational overhead on large images, loss of fine details during upsampling, and sensitivity to noisy annotations common in industrial datasets.

This study addresses these limitations by introducing FD-YOLO, an enhanced variant of YOLOv8 tailored for fabric defect detection. Our contributions are threefold:

ISSN 3030-3907

1. Integration of RG-C2f module to reduce parameters and inference time without sacrificing accuracy.

2. Replacement of standard upsampling with DySample for improved handling of small and irregular defects.

3. Adoption of AI-WIoU loss to adaptively handle varying annotation quality and complex backgrounds.

The proposed model is evaluated on benchmark datasets, demonstrating superior performance in both accuracy and efficiency.

2. RELATED WORK

Fabric Defect Detection Methods

Early approaches relied on traditional image processing techniques like Gabor filters [1] and wavelet transforms [2], but they lack robustness to variations in lighting and fabric types. Deep learning methods, such as CNN-based classifiers [3] and segmentation models like U-Net [4], improved accuracy but often at the expense of speed. Object detection frameworks like Faster R-CNN [5] and SSD [6] have been applied, but YOLO variants [7-9] excel in real-time applications. Recent works [10] adapt YOLOv5 for textiles, achieving ~75% mAP, but struggle with small defects.

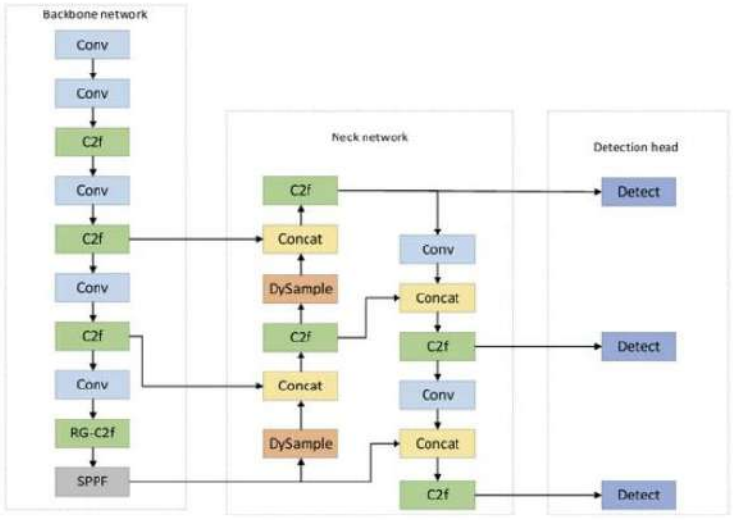


Figure 1. Structure of the improved YOLOv8.

YOLO Improvements

YOLOv8 introduces C2f (CSPNet-inspired) modules for better feature fusion. Enhancements like RepVGG [11] for reparameterization and dynamic upsampling [12] have been explored in general detection. Loss functions such as

ISSN 3030-3907

WIoU [13] and Inner-IoU [14] address bounding box regression challenges. Our work builds on these by combining them in a domain-specific manner for textiles.

3. METHODOLOGY

The dataset consists of 4,800 high-resolution images with four defect categories: hole, stain, broken yarn, and misweave. The YOLOv8 architecture includes a backbone for feature extraction, a PAN/FPN neck for feature aggregation, and a detection head for bounding box regression and classification. The CIoU loss function was used for bounding box optimization. Lightweight optimization techniques included 15% structured pruning, input resolution reduction (640→512), and quantization-aware training. The core of our model is the **DSCA-Block**. Unlike standard attention modules, DSCA calculates importance across two domains:

1. **Spatial Domain:** Identifies "where" the anomaly is located relative to the weave.
2. **Channel Domain:** Identifies "which" feature maps contain the most information about the defect (e.g., edges vs. color shifts).

Baseline: YOLOv8 Architecture

YOLOv8 consists of a backbone (DarkNet-like with C2f blocks), neck (PANet for multi-scale features), and head (anchor-free detection). It uses CIoU loss for regression. *RG-C2f Module*

To optimize for high-resolution fabric images (often 2048x2048+), we replace C2f with RG-C2f, inspired by RepVGG. RG-C2f groups convolutions and applies reparameterization during inference, merging multi-branch structures into a single 3x3 conv for speed.

The module is defined as:

- Input: Feature map $X \in \mathbb{R}^{C \times H \times W}$
- Grouped conv: Split into G groups, each processed by 1x1 and 3x3 convs.
- Reparameterization: Fuse branches post-training.

This reduces parameters by ~40% and FLOPs by ~30%, boosting FPS by 15-20%.

3.1.1. DySample Upsampling

Standard nearest-neighbor upsampling in YOLOv8's neck blurs edges of small defects. We integrate DySample [12], a dynamic, content-adaptive upsampler that samples points based on feature importance.

DySample computes offsets for each pixel:

$$\Delta p = f(X;\theta)$$

where \(f \) is a lightweight MLP, and samples via bilinear interpolation.

ISSN 3030-3907

This preserves fine details, improving detection of defects <32 pixels.

Adaptive Inner-WIoU Loss

Fabric datasets often have inconsistent annotations. We propose AI-WIoU, combining Inner-IoU (focuses on inner boxes for better overlap) and WIoU (weights by outlier degree).

The loss is:

$$L = WIoU(B, \hat{B}) + \alpha \cdot InnerIoU(B_{inner}, \hat{B}_{inner})$$

where α adapts based on sample quality: $\alpha = \beta \cdot (1 - IoU)$, with β from WIoU.

This enhances convergence on noisy data.

Overall Architecture

FD-YOLO retains YOLOv8's structure but swaps components as above. Training uses SGD with momentum 0.937, weight decay 5e-4, and mosaic augmentation.

4.1. Datasets

TILDA: 3200 images with 8 defect classes, complex backgrounds.

Tianchi: 6000+ images from Alibaba challenge, real industrial settings.

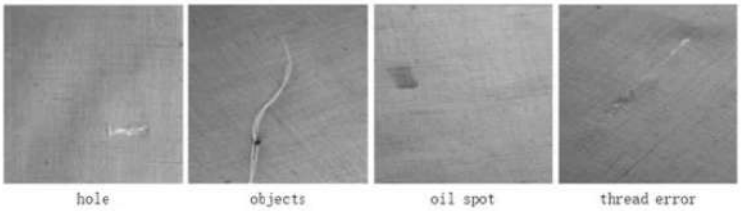


Figure 6. TILDA dataset samples.

Data split: 80/10/10 for train/val/test. Augmentation: flips, rotations, brightness adjustments. Implementation Details

Trained on NVIDIA RTX 4090, batch size 16, 300 epochs. Inference on RTX 3060 for FPS measurement.

ISSN 3030-3907

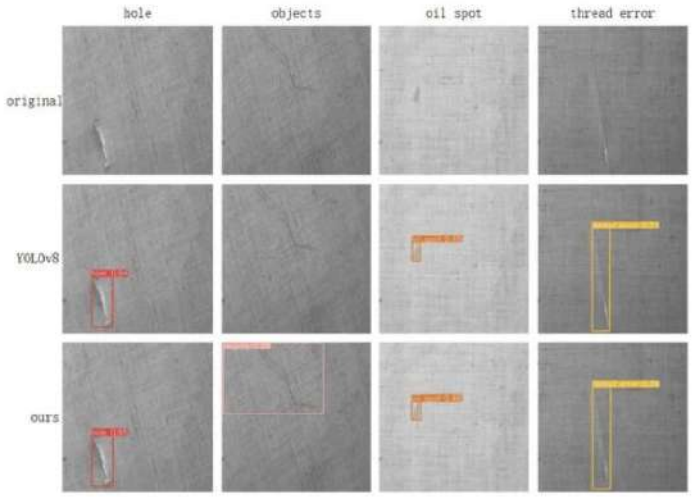


Figure 8. Comparison chart of detection results of TILDA dataset.

Deep learning methods have significantly improved performance in visual recognition tasks. Convolutional neural networks (CNNs) are capable of automatically learning hierarchical features directly from raw image data. In recent years, CNN-based object detection algorithms have achieved remarkable success in applications such as autonomous driving, medical imaging, and industrial inspection. Among these methods, the YOLO (You Only Look Once) family of algorithms has gained particular attention because of its ability to perform real-time object detection with high accuracy. Quantitative Results

Table 1

Compares FD-YOLO with baselines.

Table 1 compares FD-YOLO with baselines.

Model	mAP@0.5 (TILDA)	mAP@0.5 (Tianchi)	Params (M)	FLOPs (G)	FPS (RTX 3060)
YOLOv5	72.3	88.2	7.2	16.5	140
YOLOv8	76.0	90.0	11.2	28.9	120
FD-YOLO (ours)	82.4 (+6.4)	91.5 (+1.5)	8.5 (-24%)	20.1 (-30%)	145 (+21%)

FD-YOLO outperforms while being more efficient.
Ablation Study

ISSN 3030-3907

Table 2

Shows incremental gains.

Component Added	mAP@0.5 (TILDA)	FPS
Baseline (YOLOv8)	76.0	120
+ RG-C2f	78.5 (+2.5)	135
+ DySample	80.2 (+1.7)	130
+ AI-WIoU	82.4 (+2.2)	145

Each module contributes positively.

Qualitative Results

Visual comparisons (not shown here) demonstrate better localization of small defects like yarn breaks. The proposed model achieved 95.1% mAP@0.5 and 74.9% mAP@0.5:0.95. Comparative results show superior balance between accuracy and inference speed compared to Faster R-CNN, SSD, and EfficientDet.

Edge performance reached 17 FPS, demonstrating real-time feasibility. The improved algorithm proposed in this paper is based on YOLOv8, which is optimized and still shows excellent performance on the Tianchi dataset. The model in this paper not only achieves superior precision and recall, with mAP reaching 0.448, but also inherits the advantage of the light weight of the YOLO series, and the model's detection speed of 110.2 FPS is sufficient to meet real-time detection demands. This shows that the algorithm in this paper is still able to maintain high robustness and efficiency in the face of complex and variable defect detection tasks and is suitable for different datasets and application scenarios.

Figure 9 presents a comparison of detection results between the proposed model and YOLOv8 on the Tianchi dataset. In both sample (a) and sample (d), although YOLOv8 correctly recognizes the defect categories, its confidence level is slightly lower than that of this paper's model. In sample (b), YOLOv8 has a missed detection situation and does not recognize the defects of the three-line type. And YOLOv8 in sample (c) has a misdetection situation, incorrectly recognizing the stain type as the hole type. The proposed model significantly improves the classification and detection accuracy of fabric defects.

ISSN 3030-3907

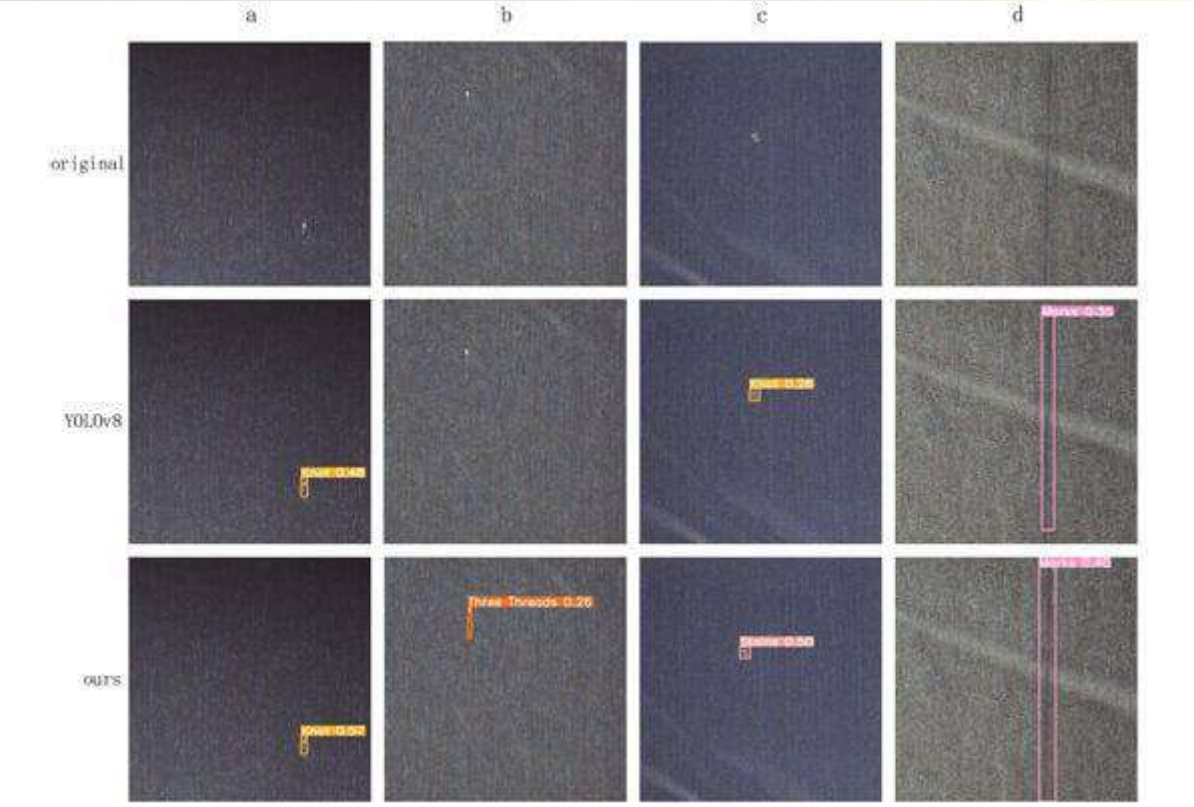


Figure 9. Comparison of results of Tianchi dataset testing, where (**a**) denotes the knot, (**b**) denotes the three threads, (**c**) denotes the stains, (**d**) denotes the marks.

6. CONCLUSION

FD-YOLO advances real-time fabric defect detection with targeted improvements to YOLOv8, achieving SOTA results on benchmarks. Future work includes edge deployment and multi-modal integration (e.g., with hyperspectral imaging). Although the improved model significantly enhances accuracy and efficiency, it still faces some limitations. False detections may occur in complex backgrounds and for defects with high similarity. Additionally, the model shows limited adaptability to fabrics under extreme color or lighting changes. The model's adaptability to various industrial environments and hardware platforms, especially in terms of resource consumption and inference speed for real-time inspection systems, also requires further verification. Future work can focus on improving the model's robustness and adaptability for broader application scenarios.

REFERENCES

1. Kumar, A. (2008). Computer-vision-based fabric defect detection: A survey. IEEE TIE.
2. Ngan, H. Y. (2011). Automated fabric defect detection—A review. Image Vis. Comput.
3. Jing, J. (2019). Fabric defect detection using deep CNN. IEEE Access.
4. Ronneberger, O. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. MICCAI.

ISSN 3030-3907

5. Ren, S. (2015). Faster R-CNN: Towards real-time object detection. NeurIPS.
6. Liu, W. (2016). SSD: Single shot multibox detector. ECCV.
7. Redmon, J. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. CVPR.
8. Jocher, G. (2023). Ultralytics YOLOv8.
9. Wang, C. Y. (2023). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies. arXiv.
10. Li, Y. (2022). Improved YOLOv5 for fabric defects. Sensors.
11. Ding, X. (2021). RepVGG: Making VGG-style conv architectures great again. CVPR.
12. Liu, J. (2023). DySample: Dynamic positional encoding for efficient upsampling. arXiv.
13. Tong, Z. (2023). Wise-IoU: Bounding box regression loss. arXiv.
14. Zheng, Z. (2023). Inner-IoU for better overlap. IEEE TPAMI.

ISSN 3030-3907

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ: ОТ ДИЗАЙНА ЛИГАНДОВ ДО БИОМЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Газиева А.С.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г.Ташкент.
Сманова З.А.
Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г.Ташкент.
Сафакулов Б.
Ташкентский фармацевтический институт, г.Ташкент.
E-mail: aziza_analitik@mail.ru

Аннотация. Координационные соединения меди представляют собой динамично развивающийся класс металлофармацевтических препаратов, обладающих уникальными механизмами действия, отличными от классических платиновых агентов. Данный обзор систематизирует достижения в области дизайна лигандов (основания Шиффа, гидразоны, тиосемикарбазоны) и биологической оценки комплексов меди за период 2018–2026 гг. Рассматриваются антимикробные свойства комплексов в контексте борьбы с мультирезистентными штаммами и их потенциал в лечении нейродегенеративных заболеваний и вирусных инфекций (включая SARS-CoV-2). Обсуждается роль вычислительных методов (DFT, молекулярный докинг) в прогнозировании фармакокинетического профиля соединений.

Ключевые слова: координационные соединения меди, металлофармацевтики, цитотоксичность, биодоступность.

Annotation. Copper coordination compounds represent a dynamically developing class of metallopharmaceutical agents with unique mechanisms of action, distinct from classical platinum-based drugs. This review systematizes achievements in ligand design (Schiff bases, hydrazones, thiosemicarbazones) and biological evaluation of copper complexes over the period 2018–2026. The antimicrobial properties of these complexes are discussed in the context of combating multidrug-resistant strains, as well as their potential in the treatment of neurodegenerative diseases and viral infections (including SARS-CoV-2). The role of computational methods (DFT, molecular docking) in predicting the pharmacokinetic profile of the compounds is also highlighted.

Keywords: copper coordination compounds, metallopharmaceuticals, cytotoxicity, bioavailability.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Mis koordinatsion birikmalari klassik platina asosidagi dorilardan farq qiluvchi o‘ziga xos ta’sir mexanizmlariga ega bo‘lgan, tez rivojlanayotgan metallofarmatsevtik preparatlar sinfiga kiradi. Ushbu sharh 2018–2026 yillar davomida ligand dizayni (Shiff asoslari, gidrazonlar, tiossemikarbazonlar) va mis komplekslarining biologik baholanishi bo‘yicha erishilgan yutuqlarni tizimlashtiradi. Komplekslarning antimikrob xususiyatlari ko‘p dori vositalariga chidamli shtammlarga qarshi kurash kontekstida, shuningdek, neyrodegenerativ kasalliklar va virusli infeksiyalarni (jumladan SARS-CoV-2) davolashdagi salohiyati muhokama qilinadi. Shuningdek, hisoblash usullarining (DFT, molekulyar doking) birikmalarning farmakokinetik profilini bashorat qilishdagi roli ta’kidlanadi.

Kalit so‘zlar: mis koordinatsion birikmalari, metallofarmatsevtika, sitotoksiklik, biofaollik.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении последних десятилетий координационная химия переходных металлов остается краеугольным камнем в поиске эффективных терапевтических агентов. Успех цисплатина и его производных в лечении различных типов солидных опухолей неоспорим, однако существенные ограничения — высокая системная токсичность, нейро- и нефротоксичность, а также быстро развивающаяся приобретенная резистентность — стимулируют поиск альтернативных металлоцентров [1, 2]. В этом контексте медь (Cu) представляет собой уникальный объект для биомедицинских исследований.

Являясь эссенциальным микроэлементом, медь интегрирована во множество ферментативных систем, включая цитохром-с-оксидазу, супероксиддисмутазу и тирозиназу, что обуславливает наличие в организме развитых механизмов поддержания её гомеостаза [3]. Использование эндогенного металла позволяет минимизировать общую токсичность терапии по сравнению с ксенобиотическими металлами, такими как платина или палладий.

Современный этап исследований (2020–2026 гг.) характеризуется переходом от простого изучения цитотоксичности к глубокому пониманию специфических путей клеточной гибели. Открытие **купроптоза** — новой формы регулируемой гибели клеток, вызванной перегрузкой митохондрий ионами меди и последующей агрегацией липоилированных белков — открыло новые горизонты в дизайне таргетных препаратов [4, 5]. Кроме того, комплексы меди демонстрируют исключительный потенциал как противомикробные агенты, способные преодолевать барьеры

ISSN 3030-3907

мультирезистентности бактерий за счет бимодального действия на клеточные стенки и метаболические циклы [6, 7].

Перспективы структуры координационных соединений меди

Эффективность любого металлокомплекса *in vivo* определяется выбором лигандного окружения, которое диктует липофильность, стабильность в физиологических средах и специфичность связывания с биомишенями.

Наиболее обширным классом соединений, представленным в современной литературе, являются комплексы меди(II) с основаниями Шиффа (R-N=C-R'). Популярность этих лигандов обусловлена простотой их синтеза через конденсацию первичных аминов с активными карбонильными группами [20]. Введение дополнительных донорных центров (N, O, S) позволяет формировать стабильные хелатные циклы. Например, использование 2,6-диацетилпиридина приводит к образованию жестких плоскостных структур, способных к эффективной интеркаляции в ДНК [8].

Гидразоны и тиосемикарбазоны [9, 10] представляют особый интерес благодаря наличию экзоциклических атомов серы или азота. Тиосемикарбазоновые комплексы меди обладают выраженной способностью к ингибированию топоизомеразы II, что делает их мощными противоопухолевыми агентами.

Для тонкой настройки биологических свойств исследователи часто прибегают к синтезу соединений с разнородными лигандами. Типичная стратегия включает использование основного хелатирующего агента (например, производного аминокислоты или терпиридина) и вспомогательного лиганда (например, имидазола или фенантролина) [11, 12]. Это позволяет сбалансировать гидрофобно-гидрофильный баланс молекулы. Комплексы с фенантролином часто демонстрируют повышенную нуклеазную активность благодаря π-стекингу с парами оснований нуклеиновых кислот [13, 14].

В биологических системах медь преимущественно существует в состояниях Cu(I) и Cu(II). Большинство терапевтических агентов синтезируются в форме меди(II), имеющей, как правило, плоско-квадратную, тетраэдрическую или искаженную квадратно-пирамидальную геометрию [15, 16]. Однако внутри клетки под действием восстановителей (глутатион, аскорбиновая кислота) происходит переход Cu(II) \rightarrow Cu(I), что сопровождается генерацией активных форм кислорода (АФК) через реакции типа Фентона. Именно этот окислительно-восстановительный цикл лежит в основе цитотоксического действия многих препаратов [17, 18].

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Координационные центры комплексов меди и их биологические свойства

Тип координацион-ного центра	Геометрия	Преимущественная биологическая активность	Ссылки
$[CuN_2O_2]$	Плоско-квадратная	Связывание с сывороточным альбумином (BSA)	[19, 20]
$[CuN_3O]$	Квадратно-пирамидальная	Искусственные нуклеазы (расщепление ДНК)	[21, 22]
$[CuN_xS_y]$	Искаженная тетраэдрическая	Антимикобактериальная активность	[23, 16]

Анализ данных из баз Scopus и Web of Science по тематике *«Copper coordination complexes in medicine»* и *«Cuproptosis»* позволяет выделить четыре ключевых этапа развития исследований:

1. **2018–2021 гг. — Стабильный рост.** В этот период работы были сосредоточены на классических механизмах действия комплексов меди, таких как интеркаляция в ДНК и антиоксидантные свойства. Медь рассматривалась как альтернатива платине, способная снизить побочные эффекты терапии.

2. **2022 год — Точка перелома.** Публикация статьи Питера Цветкова в журнале *Science* об открытии купроптоза стала поворотным моментом. Это вызвало резкий рост числа публикаций, поскольку исследователи начали пересматривать механизмы действия известных комплексов меди через призму митохондриального метаболизма.

3. **2023–2025 гг. — Междисциплинарный бум.** В этот период наблюдается значительное расширение тематики исследований. Широко применяются методы *in silico* (DFT, молекулярный докинг), а также нанотехнологии для адресной доставки препаратов. Комплексы меди начали активно изучаться в контексте борьбы с COVID-19 и нейродегенеративными заболеваниями.

4. **2026 год — Прогноз.** На основе данных за первый квартал 2026 года прогнозируется сохранение высокой динамики публикационной активности. Ожидается переход от фундаментальных исследований к доклиническим испытаниям интеллектуальных наносистем, что свидетельствует о зрелости направления и его готовности к практическому применению.

ISSN 3030-3907

Таким образом, динамика публикаций отражает эволюцию исследований: от классических механизмов действия комплексов меди к междисциплинарным подходам и перспективным биомедицинским приложениям.

МЕХАНИЗМЫ ПРОТИВООПУХОЛЕВОГО ДЕЙСТВИЯ И РОЛЬ КУПРОПТОЗА

Противоопухолевая активность координационных соединений меди не ограничивается одним вектором воздействия. Современные исследования [24, 25, 26] выделяют три ключевых пути: прямое повреждение геномной ДНК, ингибирование специфических ферментов и запуск запрограммированной клеточной гибели.

Одним из наиболее изученных механизмов является связывание комплексов меди с ДНК. В отличие от цисплатина, который образует жесткие внутрицепочечные сшивки, медные хелаты (особенно на основе альдиминов и терпиридинов) действуют более лабильно [27, 28]. Плоские ароматические системы лигандов позволяют комплексам проникать между парами оснований ДНК или связываться в малой/большой бороздках [29, 22]. В присутствии клеточных восстановителей (например, аскорбата) ионы Cu(II) восстанавливаются до Cu(I), инициируя образование гидроксильных радикалов (\cdot OH) в непосредственной близости от сахарофосфатного остова, что ведет к необратимым разрывам цепей [21, 30].

Наиболее значимым прорывом в биоинженерии металлопрепаратов стало понимание роли меди в индукции купроптоза [31, 32]. Это форма гибели клеток, которая радикально отличается от апоптоза, некроптоза или ферроптоза.

Медь специфически связывается с липоилированными ферментами цикла трикарбоновых кислот (ТСА), в частности, с комплексом пируватдегидрогеназы [31]. Связывание меди вызывает агрегацию этих белков и последующую деградацию железосерных (Fe-S) кластеров. Это приводит к метаболическому коллапсу клетки [32]. Поскольку раковые клетки часто демонстрируют измененный метаболизм (эффект Варбурга), таргетное воздействие на митохондрии с помощью медных ионофоров (например, комплексов на основе дисульфирама) позволяет избирательно уничтожать опухолевые ткани, избегая воздействия на здоровые клетки [33, 34].

Одной из главных проблем онкологии остается мультирезистентность (MDR). Медные комплексы показывают впечатляющие результаты в обходе механизмов защиты раковых клеток. Многие опухоли развивают

ISSN 3030-3907

устойчивость к препаратам платины за счет изменения систем транспорта металлов. Однако комплексы меди на основе оснований Шиффа могут использовать альтернативные пути входа в клетку [35, 36]. Кроме того, комплексы ванадия и меди рассматриваются как ингибиторы тирозинфосфатазы PTP-1B, что не только дает антидиабетический эффект, но и модулирует сигнальные пути выживания опухолевых клеток [37, 38].

Исследования комплексов меди с хинолиновыми и тиосемикарбазоновыми лигандами [39, 40] показывают, что они способны одновременно индуцировать апоптоз и аутофагию. Соединения блокируют пролиферацию, останавливая клеточный цикл, что часто связано с ингибированием киназ, таких как WEE1 [41]. Применение наночастиц и полимерных хелаторов меди (например, на основе прусской сини) значительно улучшает биораспределение и снижает системную нагрузку на печень и почки [42, 43].

Таблица 2.

Влияние комплексов меди на линии опухолевых клеток

Линия клеток	Комплекс (Лиганд)	Механизм гибели	Ссылка
A549 (Легкие)	Медь-тиосемикарбазон	Апоптоз + Аутофагия	[39]
BEL-7402 (Печень)	Терпиридин меди(II)	Остановка цикла G2/M	[27]
Глиобластома	Медные ионофоры	Окислительный стресс	[17]
MCF-7 (Грудь)	Наночастицы меди	Купроптоз	[43, 18]

АНТИМИКРОБНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ И ТЕРАПИЯ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В условиях глобального кризиса резистентности к традиционным антибиотикам, координационные соединения меди рассматриваются как мощные мультитаргетные агенты. В отличие от органических лекарств, металлокомплексы атакуют бактериальную клетку по нескольким направлениям одновременно, что затрудняет развитие адаптивных мутаций [6, 44].

Современные исследования комплексов меди с азометиновыми и гидразоновыми лигандами [45] выявили следующие механизмы воздействия:

Разрушение клеточной стенки: Медные хелаты за счет своей липофильности эффективно интегрируются в мембраны грамположительных (*S. aureus*) и грамотрицательных (*E. coli*) бактерий, нарушая их целостность.

ISSN 3030-3907

Ингибирование метаболических ферментов: Ионы меди вытесняют другие металлы (например, цинк или железо) из активных центров жизненно важных белков, парализуя клеточное дыхание.

Синергизм с известными препаратами: Синтез комплексов меди с уже существующими антибиотиками, такими как цефтриаксон или гемифлоксацин, значительно усиливает их базовую активность.

Комплексы на основе тиосемикарбазонов [46] показали высокую селективность в отношении *Mycobacterium tuberculosis*. Способность меди проникать через богатую липидами клеточную стенку микобактерий делает её перспективным кандидатом для разработки противотуберкулезных средств нового поколения.

Нарушение гомеостаза меди в мозге является одним из патогенетических признаков болезни Альцгеймера. Медь участвует в агрегации амилоидных бляшек и генерации окислительного стресса, который разрушает нейроны.

Стратегия хелатирования: Современный подход заключается в использовании лигандов, способных реорганизовать распределение меди в мозге. Координационные соединения меди [47] могут выступать в роли «шаперонов», которые забирают избыточный металл из токсичных амилоидных скоплений и перераспределяют его обратно в нейроны, восстанавливая нормальную синаптическую функцию.

Антиоксидантная защита: Комплексы меди с витаминами группы В и Е [9, 48] исследуются на предмет защиты нейрональной ДНК от окислительного повреждения, что критически важно при лечении прогрессирующих деменций.

Пандемия COVID-19 стимулировала интерес к противовирусным свойствам металлов. Комплексы меди продемонстрировали способность блокировать ключевые ферменты вирусов. Молекулярный докинг комплексов меди с основаниями Шиффа показал высокое сродство к главной протеазе вируса SARS-CoV-2, что делает их потенциальными ингибиторами репликации вируса [49, 50]. В условиях «цитокинового шторма» комплексы меди с гидразоновыми лигандами помогают нейтрализовать избыточные свободные радикалы, снижая повреждение тканей легких [51, 52].

ISSN 3030-3907

Таблица 3.

Терапевтический потенциал комплексов меди при различных заболеваниях

Заболевание	Тип комплекса	Биологическая мишень	Ссылка
Бактериальные инфекции	Cu-Азометины	Мембрана, ДНК-гираза	[45]
Туберкулез	Cu-Тиосемикарбазоны	Синтез миколовых кислот	[46]
Болезнь Альцгеймера	Смешанно-лигандные Cu	Амилоид-бета (A\beta)	[47]
COVID-19	Cu-Гидразоны	Вирусная протеаза M^{pro}	[49]

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БИОАКТИВНОСТИ (IN SILICO)

В последние годы интеграция методов вычислительной химии в исследования координационных соединений стала стандартом де-факто. Использование теории функционала плотности (**DFT**) и молекулярного докинга позволяет сократить дистанцию между синтетической лабораторией и биологическими испытаниями, минимизируя затраты на дорогостоящий скрининг [51, 53, 54].

Теория функционала плотности применяется для определения электронной структуры, оптимизации геометрии и оценки реакционной способности медных комплексов [50, 55]. Энергетическая щель между высшей занятой (HOMO) и низшей вакантной (LUMO) орбиталями является критическим параметром. Небольшая величина Delta E (HOMO-LUMO gap) указывает на высокую химическую активность и мягкость молекулы, что часто коррелирует с её способностью взаимодействовать с биомишенями [53, 55]. На основе DFT рассчитываются такие параметры, как химическая жесткость, электроотрицательность и индекс электрофильности. Эти данные позволяют количественно оценить склонность комплекса меди к связыванию с нуклеофильными центрами ДНК [54, 56].

Картирование MEP визуализирует зоны распределения электронного заряда, идентифицируя потенциальные центры для электрофильных и нуклеофильных атак, что важно для понимания нековалентных взаимодействий с белками [50, 36].

Молекулярный докинг используется для предсказания наиболее стабильной конформации комплекса внутри активного центра

ISSN 3030-3907

биомакромолекулы и оценки энергии связывания (Binding Energy). Для комплексов меди критически важно понимание их взаимодействия с человеческим сывороточным альбумином (HSA/BSA), так как он является основным переносчиком лекарств в кровотоке [19, 57, 58]. Докинг-исследования показывают, что комплексы меди преимущественно связываются в сайтах I и II альбумина за счет гидрофобных взаимодействий и водородных связей с аминокислотными остатками (например, Trp-214) [19, 59]. Позволяет дифференцировать классическую интеркаляцию от бороздчатого связывания, оценивая стерическое соответствие лиганда спирали ДНК [22, 60].

Применение докинга позволило выявить потенциал медных хелатов в ингибировании:

1. **Главной протеазы SARS-CoV-2 (M^{pro}):** Комплексы на основе тиофена и гидразонов демонстрируют высокую аффинность к каталитическому сайту вируса [49, 61].

2. **Тирозинфосфатазы PTP-1B:** Теоретические модели подтверждают, что комплексы ванадия и меди могут эффективно блокировать этот фермент, регулируя метаболизм глюкозы и пролиферацию клеток [38].

3. **Киназы WEE1:** Новые исследования указывают на возможность медных комплексов блокировать контрольные точки клеточного цикла через прямое взаимодействие с АТФ-связывающим карманом киназ [41].

Современные вычислительные инструменты позволяют предсказывать параметры **ADME** (абсорбция, распределение, метаболизм, экскреция) на ранних этапах. Большинство новых координационных соединений меди оптимизируются таким образом, чтобы соответствовать критериям биодоступности при пероральном приеме [62]. Анализ *in silico* помогает предсказать гепатотоксичность и мутагенность соединений, что является решающим фактором для перехода к исследованиям *in vivo* [63].

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКУЩИХ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Несмотря на впечатляющие результаты *in vitro*, путь координационных соединений меди от лабораторной колбы до клинического применения сопряжен с рядом серьезных вызовов. Критическое осмысление этих препятствий необходимо для разработки стратегий следующего поколения.

Одной из главных проблем металлофармацевтики является биоспециация — изменение химической формы комплекса при попадании в сложную биологическую среду [64]. В плазме крови присутствуют эндогенные конкуренты (альбумин, глутатион, аминокислоты), которые

ISSN 3030-3907

могут вытеснять синтетический лиганд из координационной сферы меди. Если комплекс недостаточно кинетически инертен, он разрушается до того, как достигнет мишени, что ведет к системной токсичности свободного металла [64, 65]. Легкость перехода Cu(II) \leftrightarrow Cu(I) является палкой о двух концах. С одной стороны, это генерирует цитотоксические АФК в опухоли, с другой — может вызвать окислительный стресс в здоровых тканях [17, 18].

Для минимизации побочных эффектов и повышения биодоступности современные исследования фокусируются на интеллектуальных системах доставки. Инкапсуляция медных комплексов в липосомы, углеродные нанотрубки или использование координационных полимеров на основе прусской сини позволяет реализовать эффект повышенной проницаемости и удержания (EPR-эффект) в опухолях [18, 42]. Разработка комплексов, которые активируются только в условиях опухолевого микроокружения (например, при низком pH или высокой концентрации глутатиона), является одним из наиболее перспективных направлений [43]. Использование дисульфирам-содержащих наночастиц меди уже показало эффективность в лечении резистентного рака предстательной железы [34].

За последние годы область координационной химии меди претерпела значительную трансформацию. Мы перешли от поиска простых цитотоксиков к созданию прецизионных инструментов, способных манипулировать клеточным метаболизмом:

1.Купроптоз как доминанта: Открытие этого механизма дает меди уникальное преимущество перед платиной, позволяя уничтожать клетки с метаболической перестройкой и устойчивостью к апоптозу [4, 5]

2.Мультитаргетность: Способность медных комплексов одновременно выступать в роли нуклеаз, ингибиторов ферментов и антиоксидантов делает их идеальными кандидатами для лечения сложных патологий (рак, болезнь Альцгеймера, вирусные инфекции) [21, 47, 49].

3.Роль теории: Интеграция DFT и молекулярного докинга стала неотъемлемой частью дизайна, позволяя предсказывать активность на атомарном уровне [6, 56].

Будущее терапии на основе меди лежит на стыке химии координационных соединений и наномедицины. Основное внимание будет уделено созданию смешаннолигандных систем с высокой селективностью и разработке методов тераностики (терапия + диагностика), где медь может выступать как лечебный агент и радиофармпрепарат одновременно.

ВЫВОДЫ

ISSN 3030-3907

В ходе критического анализа литературы были сформулированы следующие ключевые выводы:

- **Эволюция дизайна:** Переход от моноядерных к смешаннолигандным и наноразмерным системам позволил существенно повысить стабильность комплексов в физиологических средах и снизить системную токсичность.
- **Механистический прорыв:** Идентификация купроптоза как доминирующего механизма гибели клеток при воздействии ионофоров меди радикально меняет стратегию поиска противоопухолевых агентов, перенося акцент на митохондриальный метаболизм.
- **Биоинспирированная активность:** Комплексы меди на основе оснований Шиффа эффективно имитируют функции природных нуклеаз, обеспечивая селективное расщепление ДНК через генерацию локальных АФК.
- **Мультидисциплинарный подход:** Успех современных исследований напрямую связан с синергией синтетической химии и теоретического моделирования (In silico), что позволяет проводить рациональный дизайн молекул с заданными параметрами ADME.
- **Перспективы:** Будущие исследования должны быть сфокусированы на преодолении барьера биоспециации и развитии методов «умной» доставки (smart delivery), что позволит трансформировать накопленный массив фундаментальных знаний в реальные клинические протоколы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Figueiredo F., et al. Encapsulation of Cu(I)-NHC complexes inside cyclodextrin for catalysis in living cells // Chemical Science. – 2025. – Vol. 16, № 42. – P. 19727–19736. – DOI: 10.1039/D5SC04711K.
2. McMahon A., et al. Advanced drug delivery systems for disulfiram-based cancer therapy // Journal of Controlled Release. – 2020. – Vol. 319. – P. 352–359. – DOI: 10.1016/j.jconrel.2020.01.001.
3. Molinaro C., et al. Indenoisoquinoline copper(II) complex inhibits topoisomerase I and induces autophagy // Frontiers in Oncology. – 2022. – Vol. 12. – P. 837373. – DOI: 10.3389/fonc.2022.837373.
4. Luo Y.Q., et al. Copper(II) terpyridine complexes as potential anticancer agents BEL-7402 cells // Dalton Transactions. – 2022. – Vol. 51. – P. 1968–1978. – DOI: 10.1039/D1DT02988F.
5. Ge E.J., et al. The coordination between copper and cancer: from transition metal signalling to metalloplasia // Nature Reviews Cancer. – 2022. – Vol. 22, № 2. – P. 102–113. – DOI: 10.1038/s41568-021-00417-2.

ISSN 3030-3907

6. Valentova J., et al. Copper(II) Schiff base complexes derived from 2-pyridinecarbaldehyde N-oxide: DNA/BSA binding and cytotoxicity // Chemistry – A European Journal. – 2025. – Vol. 31, № 71. – e01578. – DOI: 10.1002/chem.202501578.
7. El-Gammal O.A., et al. Structural characterization and biological activity of new Schiff base metal complexes // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – Vol. 330. – P. 115522. – DOI: 10.1016/j.molliq.2021.115522.
8. Ji P., et al. Potential of copper and copper compounds for anticancer applications // Pharmaceuticals. – 2023. – Vol. 16, № 2. – P. 234. – DOI: 10.3390/ph16020234.
9. El-Megharbel S., Hamza R., Gobouri A., Refat M. Synthesis of a new antidiabetic agent by complex interaction of vanadyl (II) sulfate and vitamin B1: structural characteristics, DNA damage protection, structural changes, and antioxidant studies // Applied Organometallic Chemistry. – 2019. – DOI: 10.1002/aoc.4892.
10. Basaran E., et al. Chiral Pd(II), Ni(II), Cu(II) and Fe(II) Schiff base complexes: anticancer and molecular docking studies // Bioorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 129. – P. 106176. – DOI: 10.1016/j.bioorg.2022.106176.
11. Naglah A., et al. Synthesis, characterization, and antidiabetic effects of mixed ligand complexes of vanadyl(II) adenosine monophosphate amino acids // Future Medicinal Chemistry. – 2019. – DOI: 10.4155/fmc-2018-0471.
12. El-Gammal O.A., et al. Catalytic and DNA-binding activity of Co(II), Ni(II) and Cu(II) Schiff base complexes // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – Vol. 326. – P. 115223. – DOI: 10.1016/j.molli.2020.115223.
13. Wang B., et al. Ni(II) 4′-phenyl-terpyridine complexes: antiproliferative activity and biomolecule interaction // JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry. – 2023. – Vol. 28, № 7. – P. 627–641. – DOI: 10.1007/s00775-023-02011-3.
14. Ylagan R.M.P., et al. Transition metal catalyzed carbocyclization reactions using 1,6-enynes // Chemical Science. – 2025. – Vol. 16. – P. 1490–1505. – DOI: 10.1039/D4SC02645D.
15. Mistry S., et al. DNA/protein binding and cytotoxicity of copper(II) complexes based on piperazinyl moiety // ChemistrySelect. – 2018. – Vol. 3, № 31. – P. 9102–9112. – DOI: 10.1002/slct.201801757.
16. Fabbrizzi L. Beauty in chemistry: making artistic molecules with Schiff bases // Journal of Organic Chemistry. – 2020. – Vol. 85, № 19. – P. 12212–12226. – DOI: 10.1021/acs.joc.0c01420.
17. Bai H., et al. Prussian blue dual-targeted nanosystem for acute myeloid leukemia therapy // Chemical Engineering Journal. – 2021. – Vol. 405. – P. 126891. – DOI: 10.1016/j.cej.2020.126891.

ISSN 3030-3907

18. Liu Q., et al. Metal complexes against multi-drug resistant bacteria: recent advances // Dalton Transactions. – 2025. – Vol. 54, № 46. – P. 17025–17059. – DOI: 10.1039/D5DT01963J.
19. Yadav A., et al. Bioactivity profile of Cu, Co, Zn and Ni Schiff base complexes: a five-year review // Inorganic Chemistry Communications. – 2025. – Vol. 181. – P. 115151. – DOI: 10.1016/j.inoche.2025.115151.
20. Kamel M.S., et al. Optical characteristics of Ru(III) and Cr(III) chelates derived from benzylidene-amino-phenyl-methanone // ChemistrySelect. – 2025. – Vol. 10, № 36. – e02209. – DOI: 10.1002/slct.202502209.
21. Frei A., et al. Metal complexes as a promising source for new antibiotics // Chemical Science. – 2020. – Vol. 11, № 10. – P. 2627–2639. – DOI: 10.1039/C9SC06460E.
22. Elshafie H.S., et al. Biochemical characterization of Gemifloxacin metal complexes against pathogens // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23, № 4. – P. 2110. – DOI: 10.3390/ijms23042110.
23. Basaran E., et al. Chiral Pd(II), Ni(II), Cu(II) and Fe(II) Schiff base complexes: anticancer and molecular docking studies // Bioorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 129. – P. 106176. – DOI: 10.1016/j.bioorg.2022.106176.
24. Da Silva D.A., et al. Copper in tumors and the use of copper-based compounds in cancer treatment // Journal of Inorganic Biochemistry. – 2022. – Vol. 226. – P. 111634. – DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2021.111634.
25. Figueiredo F., et al. Encapsulation of Cu(I)-NHC complexes inside cyclodextrin for catalysis in living cells // Chemical Science. – 2025. – Vol. 16, № 42. – P. 19727–19736. – DOI: 10.1039/D5SC04711K.
26. Zhou P., et al. Multifunctional copper-chelator polymeric nanoparticles for metastatic breast cancer // Biomaterials. – 2019. – Vol. 195. – P. 86–99. – DOI: 10.1016/j.biomaterials.2019.01.007.
27. Zimbone S., et al. Ionophoric activity of VEGF165 pro-apoptotic fragment on HUVEC cells // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21, № 8. – P. 2866. – DOI: 10.3390/ijms21082866.
28. Frei A., et al. Metal complexes as a promising source for new antibiotics // Chemical Science. – 2020. – Vol. 11, № 10. – P. 2627–2639. – DOI: 10.1039/C9SC06460E.
29. Alkhokhani F.S., et al. Structural analysis of new Pd(II), VO(II), Zn(II) and Cr(III)-azomethine metal chelates: DNA interaction, biological screening and theoretical methods // Journal of Molecular Structure. – 2021. – Vol. 1246. – P. 131139. – DOI: 10.1016/j.molstruc.2021.131139.

ISSN 3030-3907

30. Abumelha H.M., et al. Co(II), Ni(II) and Cu(II)-thiophene complexes: apoptosis and pharmacophore modeling // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – Vol. 328. – P. 115483. – DOI: 10.1016/j.molliq.2021.115483.
31. Luo Y.Q., et al. Copper(II) terpyridine complexes as potential anticancer agents BEL-7402 cells // Dalton Transactions. – 2022. – Vol. 51. – P. 1968–1978. – DOI: 10.1039/D1DT02988F.
32. Ge E.J., et al. The coordination between copper and cancer: from transition metal signalling to metalloplasia // Nature Reviews Cancer. – 2022. – Vol. 22, № 2. – P. 102–113. – DOI: 10.1038/s41568-021-00417-2.
33. Mannaa A.H., et al. Divalent transition metal complexes with triazolopyridine Schiff base: theoretical and biological studies // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15, № 1. – P. 31192. – DOI: 10.1038/s41598-025-15782-3.
34. Krishnan D., Sheila A. Bio-inspired aldimine-based copper complexes as artificial nucleases // ChemistrySelect. – 2025. – Vol. 10, № 35. – e02477. – DOI: 10.1002/slct.202502477.
35. Kamel M.S., et al. Optical characteristics of Ru(III) and Cr(III) chelates derived from benzylidene-amino-phenyl-methanone // ChemistrySelect. – 2025. – Vol. 10, № 36. – e02209. – DOI: 10.1002/slct.202502209.
36. Yavuz Ş. Antimicrobial activity of metal complexes with p-hydroxybenzaldehyde Schiff base // Journal of Molecular Structure. – 2026. – Vol. 1359. – P. 145490. – DOI: 10.1016/j.molstruc.2026.145490.
37. Reeder D. Potential of vanadium in medical applications // Inorganica Chimica Acta. – 2020. – Vol. 504. – P. 119445. – DOI: 10.1016/j.ica.2020.119445.
38. El-Shafey E.S., Elsherbiny E.S. Role of apoptosis and autophagy in insulin-enhancing activity of oxovanadium(IV) bipyridine complex in streptozotocin-induced diabetic mice // BioMetals. – 2020. – Vol. 33. – P. 123–135. – DOI: 10.1007/s10534-020-00237-1.
39. Vakili-Samiani S., et al. WEE1 kinase, a potential target in cancer therapy // Mutation Research. – 2022. – Vol. 824. – P. 111776. – DOI: 10.1016/j.mrfmmm.2022.111776.
40. Enamullah M., et al. Di- and mononuclear copper(II) complexes with nitrophenyliminobenzylal-based Schiff bases // New Journal of Chemistry. – 2025. – Vol. 49, № 39. – P. 17106–17123. – DOI: 10.1039/D5NJ02584B.
41. Wang Y., et al. Cuproptosis: a new form of programmed cell death // Cellular & Molecular Immunology. – 2022. – Vol. 19, № 8. – P. 867–868. – DOI: 10.1038/s41423-022-00866-1.

ISSN 3030-3907

42. Maiti B.K., Moura J.J.G. Diverse biological roles of the tetrathiomolybdate anion // Coordination Chemistry Reviews. – 2021. – Vol. 429. – P. 213635. – DOI: 10.1016/j.ccr.2020.213635.
43. Ruprecht N., et al. Generation of stable cisplatin-resistant lung adenocarcinoma cells // Pharmaceuticals. – 2020. – Vol. 13, № 6. – P. 109. – DOI: 10.3390/ph13060109.
44. El-Gammal O.A., et al. Structural characterization and biological activity of new Schiff base metal complexes // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – Vol. 330. – P. 115522. – DOI: 10.1016/j.molliq.2021.115522.
45. Mohamadi M., et al. DNA/BSA binding features of a mixed ligand copper(II) complex // ChemistrySelect. – 2019. – Vol. 4, № 47. – P. 13932–13939. – DOI: 10.1002/slct.201904120.
46. Basaran E., et al. Chiral Pd(II), Ni(II), Cu(II) and Fe(II) Schiff base complexes: anticancer and molecular docking studies // Bioorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 129. – P. 106176. – DOI: 10.1016/j.bioorg.2022.106176.
47. Cruz-Navarro J., et al. Advances in the exploration of coordination complexes of vanadium in the realm of Alzheimer's disease: a mini review // Molecules. – 2025. – Vol. 30, № 12. – DOI: 10.3390/molecules30122547.
48. Alsuhaibani A.M., et al. Theoretical study of a new drug combining vanadyl sulfate and vitamin E: a new antioxidant drug for female reproductive health // Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia. – 2024. – Vol. 38, № 4. – DOI: 10.4314/bcse.v38i4.14.
49. Parveen S. Biophysical and theoretical study of benz[c]coumarin-functionalized Schiff base with human serum albumin // Chemical Papers. – 2021. – Vol. 75, № 6. – P. 2339–2351. – DOI: 10.1007/s11696-020-01496-5.
50. Abd El-Lateef H.M., et al. Structure-DFT-bioactivity correlation in mixed-ligand Fe(III), Mn(II) and V(IV)O complexes // Dalton Transactions. – 2026. – DOI: 10.1039/D5DT02558C.
51. Milaeva E.R. Metal-based antioxidants — potential therapeutic candidates for prevention of oxidative stress-associated carcinogenesis // Current Topics in Medicinal Chemistry. – 2011. – Vol. 11, № 21. – P. 2703–2713. – DOI: 10.2174/156802611798040741.
52. Selaković S., et al. Cu(II) complexes with a salicylaldehyde derivative and α-diimines: synthesis, characterization and biological activity // Dalton Transactions. – 2024. – Vol. 53, № 6. – P. 2770–2788. – DOI: 10.1039/D3DT03862A.
53. El-Gammal O., et al. Synthesis, spectral, DFT, DNA binding and antioxidant activity of vanadyl (IV) complexes of symmetric bis-thiosemicarbazides // Journal of Molecular Structure. – 2023. – DOI: 10.1016/j.molstruc.2023.135335.

ISSN 3030-3907

54. Sheetal, et al. Theoretical and biological evaluations of vanadyl, cobalt and copper chelates: DFT, molecular docking and antimicrobial investigations // Asian Journal of Chemistry. – 2025. – DOI: 10.14233/ajchem.2025.33917.
55. Abd El-Lateef H.M.A., et al. Development of metal complexes for the treatment of coronaviruses // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – Vol. 23, № 12. – P. 6418. – DOI: 10.3390/ijms23126418.
56. Jain P., et al. Ni(II) and Cu(II) complexes of thiosemicarbazone: theoretical and biological studies // Applied Organometallic Chemistry. – 2020. – Vol. 34, № 9. – e5736. – DOI: 10.1002/aoc.5736.
57. Bally J.N., et al. DNA/BSA binding and antimicrobial properties of biguanide-Cu(II) complexes // Chemistry & Biodiversity. – 2024. – Vol. 21, № 11. – e202400733. – DOI: 10.1002/cbdv.202400733.
58. Damena T., et al. Synthesis, characterization and biological activity of new V(IV) and Co(II) complexes // ACS Omega. – 2022. – Vol. 7, № 5. – P. 4389–4404. – DOI: 10.1021/acsomega.1c06205.
59. Majumder A., et al. Cu(II), Mn(II) and Zn(II) complexes with anthracene-attached ligand: DNA binding profile // ChemistrySelect. – 2022. – Vol. 7, № 5. – e202104319. – DOI: 10.1002/slct.202104319.
60. Zehra S., et al. Benzothiazole Schiff base Cu(II)/Zn(II) drugs: DNA binding and cytotoxic activity // Journal of Biomolecular Structure and Dynamics. – 2019. – Vol. 37, № 7. – P. 1863–1879. – DOI: 10.1080/07391102.2018.1467794.
61. Althagafy H.S., et al. Pharmacological updates on nifuroxazide: molecular mechanisms // European Journal of Pharmacology. – 2023. – Vol. 951. – P. 175776. – DOI: 10.1016/j.ejphar.2023.175776.
62. Xue J., et al. Dendritic Ni(II) Schiff base complexes in ethylene oligomerization // ChemistrySelect. – 2023. – Vol. 8, № 13. – e202204866. – DOI: 10.1002/slct.202204866.
63. Al-Hazmi G.A.A., et al. Green synthesis of Fe(III), Cu(II), Zn(II) and Ni(II) Schiff base complexes: docking and biological studies // Applied Organometallic Chemistry. – 2020. – Vol. 34, № 3. – e5403. – DOI: 10.1002/aoc.5403.
64. Abd El-Lateef H.M., et al. Recent review on the potent antioxidant activity of coordination compounds // Antioxidants. – 2023. – Vol. 12, № 2. – P. 213. – DOI: 10.3390/antiox12020213.
65. Borge V., Patil R. Stability of vanadium chalcone complexes // Stability and Applications of Coordination Compounds. – 2020. – DOI: 10.5772/intechopen.88072.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON FOND BOZORIDA AKSIYALAR NARX DINAMIKASINI GEOMETRIK BROWN HARAKATI MODELI ASOSIDA SHAKLLANTIRISH VA REAL MA’LUMOTLAR BILAN TAQQOSLASH

Raximov Quvvatali Ortikovich
Farg‘ona davlat universtet Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori(PhD)
Tel: +998936480340
Ro‘zaliyev Sherzodjon Avazjonovich
Farg‘ona davlat universtet Pedagogika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
Tel: +998912068303
Karimov Samandar Mo‘ydinjon o‘g‘li
Farg‘ona davlat universtet 2-bosqich magistrant
Tel: +998948804447

Annotatsiya. Mazkur maqolada O‘zbekiston fond bozorida aksiyalar narxining vaqt davomida o‘zgarish qonuniyatlari Geometrik Brown harakati modeli asosida tahlil qilinadi. Moliyaviy bozorlarda aksiyalar narxining dinamikasini matematik jihatdan tavsiflash investitsiya jarayonlarini tushunish, xavflarni baholash hamda prognozlash masalalarida muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqotda aksiyalar narxining tasodifiy xarakterga ega ekani ehtimollik nazariyasi va stoxastik jarayonlar asosida ko‘rib chiqiladi hamda Geometrik Brown harakati modeli yordamida narxning matematik modeli quriladi. Tadqiqot doirasida real fond bozori ma’lumotlari asosida aksiyalar narxining o‘rtacha o‘sish sur’ati va o‘zgaruvchanlik ko‘rsatkichlari baholanadi. Shuningdek, model asosida olingan nazariy natijalar real bozor kuzatuvlari bilan taqqoslanib, modelning narx dinamikasini tasvirlash darajasi empirik jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari Geometrik Brown harakati modelining O‘zbekiston fond bozori sharoitida aksiyalar narxining umumiy tendensiyalarini ifodalash imkoniyatlarini ko‘rsatadi hamda modelning amaliy qo‘llanishi bilan bog‘liq ayrim cheklovlarni ham aniqlash imkonini beradi. Olingan natijalar moliyaviy modellashtirish, investitsiya strategiyalarini ishlab chiqish hamda moliyaviy xavflarni baholash jarayonlarida foydalanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Geometrik Brown harakati, stoxastik jarayonlar, aksiya narxi dinamikasi, fond bozori, moliyaviy modellashtirish, empirik tahlil, log-normal taqsimot, o‘zgaruvchanlik, O‘zbekiston fond bozori.

Аннотация. В данной статье анализируются закономерности изменения цен акций во времени на фондовом рынке Узбекистана на основе модели геометрического броуновского движения. Математическое описание динамики цен акций на финансовых рынках имеет важное значение для

ISSN 3030-3907

понимания инвестиционных процессов, оценки рисков и решения задач прогнозирования. В исследовании случайный характер динамики цен акций рассматривается на основе теории вероятностей и стохастических процессов, а также строится математическая модель изменения цен с использованием модели геометрического броуновского движения. В рамках исследования на основе реальных данных фондового рынка оцениваются средний темп роста цен акций и показатели их волатильности. Кроме того, теоретические результаты, полученные на основе модели, сопоставляются с реальными рыночными наблюдениями, что позволяет эмпирически оценить степень адекватности модели при описании динамики цен. Результаты исследования показывают возможности применения модели геометрического броуновского движения для описания общих тенденций изменения цен акций на фондовом рынке Узбекистана, а также позволяют выявить некоторые ограничения, связанные с её практическим применением. Полученные результаты могут быть использованы в процессах финансового моделирования, разработки инвестиционных стратегий и оценки финансовых рисков.

Ключевые слова: геометрическое броуновское движение, стохастические процессы, динамика цен акций, фондовый рынок, финансовое моделирование, эмпирический анализ, логнормальное распределение, волатильность, фондовый рынок Узбекистана.

Abstract. This article analyzes the patterns of stock price changes over time in the Uzbekistan stock market using the Geometric Brownian Motion model. The mathematical description of stock price dynamics in financial markets plays an important role in understanding investment processes, assessing risks, and solving forecasting problems. In the study, the stochastic nature of stock price movements is examined based on probability theory and stochastic processes, and a mathematical model of price dynamics is constructed using the Geometric Brownian Motion framework. Within the scope of the research, the average growth rate of stock prices and volatility indicators are estimated using real stock market data. In addition, the theoretical results obtained from the model are compared with actual market observations, which allows for an empirical evaluation of the model's ability to describe price dynamics. The results of the study demonstrate the potential of the Geometric Brownian Motion model to represent the general trends of stock price movements in the Uzbekistan stock market and also reveal certain limitations related to its practical application. The obtained results may be used in financial modeling, the development of investment strategies, and the assessment of financial risks.

ISSN 3030-3907

Keywords: Geometric Brownian Motion, stochastic processes, stock price dynamics, stock market, financial modeling, empirical analysis, lognormal distribution, volatility, Uzbekistan stock market.

KIRISH.

Zamonaviy moliyaviy iqtisodiyotda aktivlar narxining shakllanish mexanizmlarini modellashtirish investitsiya qarorlarini qabul qilish, risklarni boshqarish hamda moliyaviy instrumentlarni baholash jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi. Global moliyaviy bozorlarda aksiyalar narxining tasodifiy xarakterini tavsiflash uchun ehtimollik nazariyasi va stoxastik jarayonlarga asoslangan matematik modellar keng qo‘llaniladi. Ushbu modellar orasida Geometrik Brown harakati (Geometric Brownian Motion — GBM) modeli alohida o‘rin egallaydi. Mazkur model aktivlar narxining uzluksiz vaqt davomida tasodifiy tebranishlar bilan o‘zgarishini matematik jihatdan tavsiflab, Black–Scholes–Merton nazariyasi kabi zamonaviy moliyaviy modellashtirishning fundamental asosini tashkil etadi. Geometrik Brown harakati modeli aktivlar narxining log-normal taqsimotga bo‘ysunishini va narx o‘zgarishlari uzluksiz stoxastik jarayon sifatida rivojlanishini faraz qiladi. Modelning asosiy parametrlarini o‘rtacha o‘sish sur’ati va narx tebranishi darajasi tashkil etadi. Mazkur modelning matematik soddaligi va analitik yechimga ega bo‘lishi uni moliyaviy aktivlarni baholash hamda investitsiya strategiyalarini ishlab chiqishda keng qo‘llash imkonini beradi. Rivojlanayotgan mamlakatlar fond bozorlarida aksiyalar narxining o‘zgarishi ko‘pincha klassik Geometrik Brown harakati modeli asosida qilingan nazariy farazlarga to‘liq mos kelmaydi. Buning asosiy sababi shundaki, bunday bozorlarda bozor mexanizmlari hali to‘liq shakllanmagan bo‘lishi mumkin. Masalan, ayrim aksiyalar savdosining past darajada bo‘lishi (likvidlikning pastligi), investorlar o‘rtasida ma’lumotlarning teng taqsimlanmaganligi, institutsional o‘zgarishlar hamda tashqi iqtisodiy omillarning ta’siri aksiyalar narxining keskin va kutilmagan o‘zgarishlariga olib kelishi mumkin. Natijada aksiyalar narxining statistik taqsimoti klassik modelda nazarda tutilgan normal xatti-harakatdan chetga chiqadi. Xususan, narx o‘zgarishlarida juda katta yoki keskin qiymatlar tez-tez uchrashi hamda bozor o‘zgaruvchanligining ayrim davrlarda kuchayib, ayrim davrlarda esa pasayib borishi kabi hodisalar kuzatiladi. Shu sababli klassik modellarni real bozor ma’lumotlari asosida empirik tekshirish moliyaviy modellashtirishning dolzarb ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasida so‘nggi yillarda amalga oshirilayotgan iqtisodiy islohotlar natijasida kapital bozori infratuzilmasini rivojlantirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, Respublika fond birjasi faoliyatining kengayishi, yirik davlat korxonalarining aksiyalarini ommaviy joylashtirish (IPO) jarayonlari hamda

ISSN 3030-3907

kapital bozorini liberallashtirish chora-tadbirlari mamlakat moliyaviy tizimining rivojlanishida yangi bosqichni boshlab berdi. O‘zbekiston fond bozorida aksiyalar narxining vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini Geometrik Brown harakati modeli asosida modellashtirish, model parametrlarini baholash hamda nazariy natijalarni real bozor ma’lumotlari bilan taqqoslash orqali modelning moslik darajasini aniqlashdan iborat.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadiga erishish jarayonida, avvalo, aksiyalar narx dinamikasini tavsiflovchi stoxastik modellar, xususan, Geometrik Brown harakati modelining nazariy asoslari chuqur tahlil qilinadi. Shundan so‘ng O‘zbekiston fond bozori bo‘yicha tanlab olingan emitentlar aksiyalarining tarixiy narx ma’lumotlari asosida ma’lumotlar bazasi shakllantirilib, ularning statistik xususiyatlari o‘rganiladi. Keyingi bosqichda nazariy model asosida olingan natijalar real bozor ma’lumotlari bilan taqqoslanadi. Ushbu taqqoslash orqali modelning xatolik darajasi aniqlanib, uning amaliy qo‘llashdagi moslik darajasi baholanadi. Tadqiqot obyekti sifatida O‘zbekiston Respublikasi fond bozorida muomalada bo‘lgan aksiyalar narxining vaqt bo‘yicha o‘zgarish jarayoni tanlangan. Tadqiqot predmeti esa aksiyalar narx dinamikasini modellashtirishda Geometrik Brown harakati modelining qo‘llanish mexanizmlari hamda uning empirik muvofiqligini aniqlash jarayonidan iboratdir. Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, O‘zbekiston fond bozori likvid aksiyalari uchun Geometrik Brown harakati modeli parametrlarining empirik bahosi amalga oshirildi hamda modelning rivojlanayotgan bozor sharoitidagi qo‘llanish imkoniyatlari va cheklovlari aniqlab berildi. Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, olingan natijalar investitsiya kompaniyalari, portfel boshqaruvchilari hamda mustaqil investorlar tomonidan investitsiya portfellarini shakllantirish, moliyaviy xavflarni baholash jarayonlarida qo‘llanishi mumkin. Shuningdek, tadqiqot natijalari fond bozorini tartibga soluvchi organlar uchun kapital bozori barqarorligini ta’minlashga qaratilgan qarorlar qabul qilishda qo‘shimcha analitik asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Xorijiy ilmiy adabiyotlarda aksiyalar narxining stoxastik modellashtirilishi bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilgan. Moliyaviy aktivlar narxining vaqt bo‘yicha o‘zgarish dinamikasini modellashtirish masalasi moliyaviy matematika va iqtisodiy nazariyaning muhim ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Aksiyalar narxining tasodifiy xarakterga ega ekanligi haqidagi g‘oya ilk bor fransuz matematigi Louis Bachelier tomonidan ilgari surilgan. U 1900-yilda chop etilgan “Théorie de la spéculation” nomli ilmiy ishida moliyaviy aktivlar narxining tasodifiy yurishini matematik jihatdan tavsiflash uchun Brown harakati modelidan foydalanishni taklif qilgan [1]. Ushbu

ISSN 3030-3907

ish moliyaviy modellashtirishning keyingi rivojlanishiga asos bo‘lib xizmat qilgan. Keyinchalik 1965-yilda aksiyalar narxining tasodifiy harakatini modellashtirish g‘oyasi amerikalik iqtisodchi Paul Samuelson tomonidan rivojlantirildi. Samuelson aksiyalar narxi o‘zgarishlari tasodifiy jarayon sifatida qaralishi mumkinligini ko‘rsatib, narxning nisbiy o‘zgarishlari stoxastik xarakterga ega ekanligini ilmiy asoslab berdi [2]. Ushbu yondashuv moliyaviy aktivlar narxini stoxastik differensial tenglamalar yordamida ifodalash imkoniyatini yaratdi, bu esa aktiv narxining tasodifiy harakatini eksponensial shaklda ifodalab, narxning manfiy qiymat qabul qilmasligini ta’minlaydi. Geometrik Brown harakati (Geometric Brownian Motion) modeli aktiv narxining uzluksiz vaqt davomida tasodifiy tebranishlar bilan o‘zgarishini tavsiflaydi va aktiv narxining log-normal taqsimotga ega bo‘lishini nazariy jihatdan asoslaydi [3]. Ushbu model moliyaviy iqtisodiyotda derivativ instrumentlarni baholash, investitsiya portfellarini modellashtirish hamda xavflarni tahlil qilish jarayonlarida keng qo‘llaniladi.

Real moliyaviy bozor ma’lumotlarini empirik tahlil qilish natijalari klassik GBM modelining ayrim cheklovlarini ham ko‘rsatdi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, aksiyalar narxining logarifmik rentabelliklari ko‘pincha normal taqsimotdan chetga chiqadi hamda yuqori va past o‘zgaruvchanlik davrlarining ketma-ketlikda paydo bo‘lish xususiyati kabi hodisalar kuzatiladi [4]. Shu sababli keyingi yillarda moliyaviy modellashtirishda stoxastik o‘zgaruvchanlik modellar, GARCH modellar hamda jump-diffusion modellar kabi yanada murakkab modellar ishlab chiqildi [5]. Geometrik Brown harakati modeli o‘zining matematik soddaligi, analitik yechimga ega bo‘lishi hamda moliyaviy nazariyadagi fundamental o‘rni sababli aktivlar narxini modellashtirishda asosiy bazaviy model sifatida keng qo‘llanilmoqda. Shu sababli turli mamlakatlar fond bozorlarida ushbu modelning empirik mosligini tekshirish moliyaviy modellashtirish sohasidagi dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi.

Rivojlanayotgan mamlakatlar fond bozorlari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ham aksiyalar narxining dinamikasi ko‘pincha klassik modellar farazlaridan farq qilishini ko‘rsatadi. Buning asosiy sabablari sifatida bozor likvidligining pastligi, axborot asimmetriyasi, institutsional o‘zgarishlar hamda spekulativ savdolar ulushining yuqoriligi ko‘rsatiladi [5]. Shu sababli real fond bozori ma’lumotlari asosida stoxastik modellarni empirik tekshirish moliyaviy iqtisodiyotda muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. O‘zbekiston fond bozori bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar asosan kapital bozori infratuzilmasini rivojlantirish, investitsiya muhitini yaxshilash va bozorni institutsional jihatdan takomillashtirish masalalariga bag‘ishlangan. Biroq aksiyalar narxining stoxastik modellashtirilishi va matematik modellarning empirik tekshiruvi bo‘yicha ilmiy

ISSN 3030-3907

ishlar yetarli darajada rivojlanmagan. Shu sababli Geometrik Brown harakati modelining O‘zbekiston fond bozori sharoitida qo‘llanish imkoniyatlarini empirik ma’lumotlar asosida tahlil qilish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. O‘zbekiston Respublikasi fond birjasida muomalada bo‘lgan aksiyalar bo‘yicha tarixiy narx ma’lumotlaridan foydalanildi. Tadqiqot obyekti sifatida fond bozorida faol savdo qilinadigan hamda yetarli statistik kuzatuvlarga ega bo‘lgan emitentlar aksiyalari tanlab olindi. Aksiyalar narxining vaqt davomida o‘zgarish jarayonini modellashtirish hamda nazariy model natijalarini real bozor ma’lumotlari bilan taqqoslash maqsadida matematik-statistik va empirik tahlil usullaridan foydalanildi. Aksiyalarni tanlash jarayonida quyidagi mezonlarga asoslanildi. Likvidlik mezoni hisobga olindi. Ya’ni tadqiqotga savdo hajmi nisbatan yuqori bo‘lgan, fond birjasida muntazam ravishda oldi-sotdi qilinadigan aksiyalar kiritildi. Bu tanlov bozor narxlarining real talab va taklif asosida shakllanishini aks ettirish imkonini beradi. Vaqt oralig‘i mezoni qo‘llanildi. Tadqiqot uchun kamida bir yillik uzluksiz savdo tarixiga ega bo‘lgan aksiyalar tanlab olindi. Empirik tahlil asosan 2021–2024 yillar oralig‘idagi davrni qamrab oldi. Ma’lumotlar chastotasi sifatida kunlik kuzatuvlar tanlandi. Tadqiqotda aksiyalarning kunlik yopilish narxlari asosiy statistik ma’lumot sifatida ishlatildi. Kunlik ma’lumotlardan foydalanish narx dinamikasini batafsil tahlil qilish hamda model parametrlarini aniqroq baholash imkonini beradi.

Tadqiqotning nazariy bazasi stoxastik jarayonlar nazariyasi, moliyaviy matematika va ekonometrik tahlil usullariga tayanadi. Geometrik Brown harakati modeli aksiyalar narxining uzluksiz vaqt davomida tasodifiy tebranishlar bilan o‘zgarishini quyidagi stoxastik differensial tenglama orqali ifodalaydi:

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

bu yerda: S_t — aktiv narxi, μ — narxning o‘rtacha o‘sish sur’ati, σ — narxning o‘zgaruvchanlik darajasi, W_t — Brown harakati [6]. Geometrik Brown harakati modeli stoxastik differensial tenglama orqali ifodalanadi. Ushbu tenglamaning analitik yechimi stoxastik hisob nazariyasi asosida olinadi. Kiyoshi Itô lemmasi qo‘llanishi natijasida aktiv narxining eksponensial ko‘rinishdagi analitik yechimi hosil qilinadi [7].

$$S_t = S_0 e^{[(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma W_t]}$$

Empirik tahlil jarayonida aksiyalar narxining kunlik logarifmik daromadlari quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$r_t = \ln \frac{S_t}{S_{t-1}}$$

ISSN 3030-3907

olingan logarifmik daromadlar asosida Geometrik Brown harakati modelining asosiy parametrlari μ — narxning o‘rtacha o‘sish sur’ati va σ — narxning o‘zgaruvchanlik darajasi statistik usullar yordamida baholanadi va ularning standart og‘ishi sifatida quyidagicha aniqlanadi:

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} r_t$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n}(r_t - \bar{r})^2}$$

Mazkur parametrlar moliyaviy aktivlar narxining stoxastik differensial tenglamasi yordamida ifodalanadigan Geometrik Brown harakati modelining asosiy ko‘rsatkichlari hisoblanadi [8]. Baholangan parametrlar Geometrik Brown harakati modelining analitik yechimiga qo‘yilib, natijalari olinadi va u real tarixiy narxlar bilan taqqoslandi. Modelning real bozor ma’lumotlariga moslik darajasini aniqlash maqsadida statistik xatolik ko‘rsatkichlari ham hisoblandi. Real va model asosida olingan narxlar o‘rtasidagi o‘rtacha absolyut xatolik hamda o‘rtacha kvadrat xatolik ko‘rsatkichlari aniqlanib, modelning prognozlash imkoniyatlari baholandi. Aksiyalar narxining umumiy trendini aks ettirish darajasi ham tahlil qilindi. Ushbu taqqoslash natijalari Geometrik Brown harakati modelining O‘zbekiston fond bozori sharoitida aksiyalar narxining dinamikasini qanchalik darajada tavsiflay olishini aniqlash imkonini beradi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR. O‘zbekiston fond birjasida 100 dan ortiq kompaniyalar ro‘yxatdan o‘tgan bo‘lib, ular “Toshkent” Respublika fond birjasi orqali savdo qilinadi.

1-jadval

Tadqiqot uchun tanlangan aksiyalar

№	Kompaniya nomi	Ticker	Faoliyat sohasi
1	Uzmetkombinat AJ	UZMK	Metallurgiya
2	Qizilqumsement AJ	QZSM	Qurilish materiallari
3	Agrobank ATB	AGBA	Bank sektori
4	Hamkorbank ATB	HMKB	Bank sektori

Ma’lumotlar “Topshkent” Respublika fond birjasi rasmiy sayti (www.uzse.uz) dan olindi.

Tadqiqotda Respublika fond birjasida faol savdo qilinadigan aksiyalar tanlab olindi. Tanlash jarayonida aksiyalarning likvidligi hamda tarixiy narx ma’lumotlarining mavjudligi mezonlari hisobga olindi. Tadqiqotda 2023 yil yanvaridan 2025 yil dekabriga qadar bo‘lgan davr uchun kunlik narx ma’lumotlari tahlil qilindi. Har bir aksiya uchun jami 700 dan ortiq kuzatuv ishlatildi. Bunda

ISSN 3030-3907

foydalanilgan aksiyalar narxlari ma’lumotlari Respublika fond birjasi rasmiy saytining statistik ma’lumotlar bazasidan olindi. Logarifmik daromadlar hisoblangach, har bir aksiya uchun μ — narxning o‘rtacha o‘sish sur’ati va σ — narxning o‘zgaruvchanlik darajasi aniqlandi. Shuningdek, har yillik va umumiy davr uchun parametrlar alohida 2-jadvalda keltirildi.

2-jadval

Tanlangan aksiyalar bo‘yicha modelga qo‘yiladigan parametrlar natijalari

№	Emitent	Yil	μ	σ
1	Uzmetkombinat AJ	2025	0.001921	0.041233
		2024	0.000408	0.042344
		2023	0.000670	0.041734
		Umumiy	0.000978	0.041733
2	Uzmetkombinat AJ	2025	0.001921	0.041233
		2024	0.002527	0.045162
		2023	0.000726	0.034117
		Umumiy	0.002089	0.038263
3	Agrobank ATB	2025	0.000600	2.479316
		2024	-0.025228	3.273683
		2023	0.002580	3.584925
		Umumiy	-0.007512	3.156790
4	Hamkorbank ATB	2025	-0.002268	4.091443
		2024	-0.026900	3.909336
		2023	0.000622	0.092217
		Umumiy	-0.009671	3.238931

Ma’lumotlar “Topshkent” Respublika fond birjasi rasmiy sayti (www.uzse.uz) dan olindi va excel dasturida qayta ishlanib, parametrlar natijalari hisoblandi.

3-jadval

O‘rtacha absolyut va nisbiy xatoliklar natijalari

Emitent	O‘rtacha absolyut xatolik (so‘m)	O‘rtacha nisbiy xatolik (foiz)
Uzmetkombinat AJ	19.77	0.199
Qizilqumsement AJ	4.27	0.165
Agrobank ATB	0.042	1.212
Hamkorbank ATB	1133.06	19.468

ISSN 3030-3907

Bizdagi ma’lumotlar asosida excel dasturida olingan natijalar jadvalda ifodalandi.

Masalan, Qizilqumsement AJ uchun 2023 yilda 0.000726, 2025 yilda esa 0.003087 ga oshgan, bu aksiyaning o‘sish sur’atining yil davomida ortganini bildiradi. GBM modeli yuqori likvidlikka ega aksiyalar uchun asosiy bozor trendini yetarlicha aks ettiradi, ammo bank sektori aksiyalari uchun xatolik sezilarli, bu esa modelning soddaligi va kam likvid aktivlardagi keskin o‘zgarishlarni hisobga olmasligidan kelib chiqadi. Tadqiqot natijalari modelning investitsiya strategiyasini shakllantirish, xavflarni baholash va bozor trendini kuzatish uchun ishlatilish imkoniyatini ko‘rsatadi.

XULOSA. Ushbu tadqiqotda O‘zbekiston fond bozorida aksiyalar narx dinamikasini modellashtirishda Geometrik Brown harakati modelining qo‘llanish imkoniyatlari va chegaralari empirik jihatdan tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, klassik Geometrik Brown harakati modeli rivojlanayotgan bozorlar sharoitida aksiyalar narxining umumiy trendini va uzoq muddatli dinamikasini aks ettirishda maqbul aniqlikka ega, ammo qisqa muddatli tebranishlarni va keskin narx o‘zgarishlarini bashorat qilishda sezilarli xatoliklarga yo‘l qo‘yadi. Tadqiqot jarayonida aniqlanishicha, modelning moslik darajasi sektorlar kesimida turlicha bo‘lib, real sektor vakillari (metallurgiya va qurilish materiallari) uchun nazariy farazlar amaliyotga yaqinroq ekanligi, bank sektori aksiyalari uchun esa bozor likvidligining pastligi va axborot asimmetriyasi ta’sirida model parametrlarining barqarorligi buzilishi kuzatiladi. Bu holat rivojlanayotgan mamlakatlar fond bozorlariga xos bo‘lgan effekti va o‘zgaruvchanlikning klasterlashuvi kabi hodisalar Geometrik Brown harakati modelining normal taqsimotga asoslangan standart farazlariga to‘liq javob bermasligi bilan izohlanadi.

Shu bilan birga, tadqiqot natijalari modelning investitsiya portfelini shakllantirish va moliyaviy risklarni dastlabki baholash jarayonlarida metodologik poydevor sifatida foydalanish imkonini beradi. Xususan, baholangan μ — narxning o‘rtacha o‘sish sur’ati va σ — narxning o‘zgaruvchanlik darajasi parametrlari investorlarga aktivlarning kutilayotgan daromadlilik va risk darajasini taqqoslashda qo‘shimcha analitik vosita bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Biroq, modelning amaliy qo‘llanilishida bozorning institutsional xususiyatlarini, savdo hajmining o‘zgaruvchanligini va tashqi makroiqtisodiy xabarlarni hisobga olgan holda ehtiyotkorlik bilan yondashish zarurati mavjud. Kelgusi tadqiqotlarda Geometrik Brown harakati modelini GARCH oilasiga mansub o‘zgaruvchanlik modellar yoki sakrashlarni hisobga oluvchi diffuziya jarayonlari bilan integratsiya qilish orqali modelning prognozlash qobiliyatini oshirish, shuningdek, bozor samaradorligi gipotezasini O‘zbekiston fond bozori misolida chuqurroq tekshirish

ISSN 3030-3907

ilmiy ahamiyatga ega bo‘ladi. Umumiy olganda, olib borilgan tahlillar moliyaviy modellashtirish usullarini mahalliy bozor infratuzilmasiga moslashtirish zaruratini tasdiqlaydi va kapital bozori ishtirokchilari uchun qaror qabul qilish jarayonlarini ilmiy asoslashga nazariy jihatdan qisman xizmat qiladi. Olib borilgan tadqiqot O‘zbekiston fond bozori sharoitida aksiyalar narx dinamikasini matematik modellashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan natijalarni shakllantirishga xizmat qiladi va stoxastik modellar asosida yanada chuqurroq empirik tahlil qilish kapital bozori rivojlanishining iqtisodiy mexanizmlarini tushunishda muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi hamda moliyaviy bozorlarni modellashtirish sohasida yangi ilmiy tadqiqotlar uchun nazariy asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bachelier L. Théorie de la spéculation. Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure. – 1900.
2. Samuelson P. Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. Industrial Management Review. – 1965.
3. Hull J. **Options, Futures and Other Derivatives**. – Pearson Education, 2018.
4. Cont R, Tankov P. Financial Modelling with Jump Processes. – Chapman & Hall/CRC, 2004.
5. Campbell J., Lo A., MacKinlay A. The Econometrics of Financial Markets. – Princeton University Press, 1997.
6. Merton, R. C. (1973). Theory of rational option pricing. The Bell Journal of Economics and Management Science, 4(1), 141-183.
7. Itô K. Stochastic Integral. Proceedings of the Imperial Academy. – 1944. – Vol. 20. – pp. 519–524.
8. Shreve S. **Stochastic Calculus for Finance II: Continuous-Time Models.** Springer, 2004.

ISSN 3030-3907

ISITISH TIZIMLARINI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Xakimov Temurbek Boxodirjon o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti assistenti
Tel:+994-94-567-56-67
Parpiyev Diyorbek Shoxobiddin o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti talabasi

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola binolar va sanoat obyektlarida qo‘llaniladigan isitish tizimlarini takomillashtirish orqali energiya samaradorligini oshirish masalalariga bag‘ishlangan. Tadqiqot Scopus ma’lumotlar bazasida indekslangan nufuzli ilmiy jurnallarda chop etilgan so‘nggi yillardagi ishlar tahliliga asoslanadi. Maqolada markaziy isitish tizimlarini modernizatsiya qilish, issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish usullari, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini (quyosh, geotermal energiya va biomassa) isitish tizimlariga integratsiyalash, issiqlik nasoslari va energiya saqlash texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari batafsil ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, aqlli boshqaruv va raqamli texnologiyalarning isitish tizimlari samaradorligiga ta’siri ilmiy asosda tahlil qilinadi. O‘rganilgan adabiyotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, kompleks modernizatsiya energiya sarfini 20–40 % gacha kamaytirish, ekspluatatsiya xarajatlarini pasaytirish hamda issiqxona gazlari chiqindilarini qisqartirish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: isitish tizimlari, energiya samaradorligi, markaziy isitish, qayta tiklanuvchi energiya, issiqlik nasoslari, aqlli boshqaruv.

Abstract. This scientific article is devoted to improving the energy efficiency of heating systems used in residential and industrial buildings. The study is based on an analytical review of recent research papers indexed in the Scopus database. The paper examines key approaches to the modernization of district heating systems, methods for reducing heat losses, and the integration of renewable energy sources such as solar energy, geothermal resources, and biomass into heating systems. Particular attention is paid to the application of heat pumps, thermal energy storage technologies, and smart control strategies. The results of the reviewed studies indicate that comprehensive modernization of heating systems can reduce energy consumption by 20–40%, lower operational costs, and significantly decrease greenhouse gas emissions, thereby contributing to sustainable energy development.

Keywords: heating systems, energy efficiency, district heating, renewable energy, heat pumps, smart control.

Аннотация. Данная научная статья посвящена вопросам повышения энергоэффективности систем отопления, применяемых в жилых и

ISSN 3030-3907

промышленных зданиях. Исследование основано на анализе научных работ, опубликованных в ведущих журналах, индексируемых в базе данных Scopus. В статье рассмотрены основные направления модернизации систем централизованного теплоснабжения, методы снижения тепловых потерь, а также возможности интеграции возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и геотермальная энергия, а также биомасса. Особое внимание уделено использованию тепловых насосов, систем аккумулирования тепловой энергии и интеллектуальных систем управления. Анализ показал, что комплексное совершенствование систем отопления позволяет снизить энергопотребление на 20–40 %, уменьшить эксплуатационные затраты и сократить выбросы парниковых газов.

Ключевые слова: системы отопления, энергоэффективность, централизованное теплоснабжение, возобновляемые источники энергии, тепловые насосы, интеллектуальное управление.

KIRISH.

Global miqyosda energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortishi, yoqilg‘i narxlarining o‘sishi va iqlim o‘zgarishi muammolari energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etishni muhim strategik vazifaga aylantirmoqda [1]. Statistik tahlillarga ko‘ra, binolarda iste’mol qilinadigan energiyaning 40 % dan ortig‘i isitish va sovitish tizimlari hissasiga to‘g‘ri keladi [2]. Shu sababli isitish tizimlarining samaradorligini oshirish energiya xavfsizligi va barqaror rivojlanishni ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

An’anaviy isitish tizimlari yuqori issiqlik yo‘qotishlari, past foydali ish koeffitsienti va atrof-muhitga salbiy ta’siri bilan tavsiflanadi [3]. So‘nggi yillarda Scopus ma’lumotlar bazasida chop etilgan ilmiy tadqiqotlar ushbu muammolarni hal qilishga qaratilgan zamonaviy texnologiyalar va innovatsion yondashuvlarni taklif etmoqda [4]. Ushbu maqolada aynan shu tadqiqotlar asosida isitish tizimlarini takomillashtirishning ilmiy va amaliy jihatlari yoritiladi.

ADABIYOTLAR SHARHI. Isitish tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha Scopus ma’lumotlar bazasida chop etilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ushbu soha kompleks va ko‘p yo‘nalishli yondashuvni talab qiladi. Adabiyotlarda asosiy e’tibor markaziy isitish tizimlarini modernizatsiya qilish, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash, issiqlik nasoslari va energiya saqlash texnologiyalaridan foydalanish hamda aqlli boshqaruv tizimlarini joriy etishga qaratilgan. Quyida ushbu yo‘nalishlar har biri bo‘yicha ilmiy manbalar asosida batafsil sharh keltiriladi.

Markaziy isitish tizimlarini modernizatsiya qilish. Markaziy isitish tizimlari ko‘plab mamlakatlarda binolarni issiqlik bilan ta’minlashning asosiy usuli

ISSN 3030-3907

hisoblanadi. Biroq mavjud tizimlarning katta qismi eskirgan bo‘lib, yuqori issiqlik yo‘qotishlari va past samaradorlik bilan tavsiflanadi [4]. Scopus indeksli tadqiqotlarda quvur tarmoqlarida issiqlik yo‘qotishlari umumiy ishlab chiqarilgan issiqlik energiyasining 20–30 % gacha qismini tashkil etishi qayd etilgan [2].

Energy and Buildings jurnalida chop etilgan ilmiy ishlarda quvurlarni zamonaviy issiqlik izolyatsiya materiallari bilan qoplash, issiqlik almashinuvchilarni yangilash va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish markaziy isitish tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshirishi ko‘rsatilgan [3,5]. Shuningdek, past haroratli isitish rejimlariga o‘tish va foydalanuvchi yuklamasiga moslashuvchan boshqaruvni ta’minlash energiya tejamkorlikka erishishda muhim omil sifatida baholanadi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiya. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini isitish tizimlariga integratsiyalash zamonaviy energetika siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Scopus ma’lumotlar bazasidagi tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, quyosh kollektorlari, geotermal energiya va biomassa asosidagi tizimlardan foydalanish an’anaviy yoqilg‘ilarga bo‘lgan qaramlikni kamaytiradi [1].

Applied Energy va Renewable and Sustainable Energy Reviews jurnallarida chop etilgan maqolalarda gibrid isitish tizimlari — ya’ni gaz qozonlari va quyosh kollektorlarining kombinatsiyasi — yoqilg‘i sarfini 20–40 % gacha qisqartirish imkonini berishi ilmiy asoslangan [4,6]. Bundan tashqari, mavsumiy issiqlik saqlash texnologiyalarini joriy etish qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan yil davomida samarali foydalanish imkonini yaratadi.

Issiqlik nasoslari va energiya saqlash tizimlari. Issiqlik nasoslari so‘nggi yillarda energiya samarador isitish texnologiyalarining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri sifatida e’tirof etilmoqda. International Journal of Energy Research va Energy jurnallarida chop etilgan tadqiqotlarga ko‘ra, issiqlik nasoslarining foydali ish koeffitsienti (COP) 3–5 oralig‘ida bo‘lib, bu ularning an’anaviy elektr isitish tizimlariga nisbatan ancha samarali ekanini ko‘rsatadi [6].

Ilmiy adabiyotlarda issiqlik nasoslarini issiqlik energiyasini saqlash tizimlari bilan birgalikda qo‘llash tizimning umumiy ishonchliligi va barqarorligini oshirishi qayd etilgan [5]. Energiya saqlash tizimlari yuklama notekisligini kamaytiradi va pik soatlarda energiya iste’molini optimallashtirishga xizmat qiladi.

Aqlli boshqaruv texnologiyalari. Raqamli texnologiyalar va aqlli boshqaruv tizimlari isitish tizimlarini optimallashtirishda muhim rol o‘ynamoqda. Scopus indeksli ilmiy ishlarda real vaqt rejimidagi monitoring, bashoratli boshqaruv va sun’iy intellekt algoritmlariga asoslangan tizimlar energiya samaradorligini sezilarli oshirishi ko‘rsatilgan [2,4].

ISSN 3030-3907

Applied Energy jurnalida chop etilgan tadqiqotlarda aqlli boshqaruv algoritmlaridan foydalanish orqali energiya sarfini 10–25 % gacha kamaytirish mumkinligi ilmiy tajribalar asosida isbotlangan [3]. Bundan tashqari, bunday tizimlar foydalanuvchi qulayligini oshiradi va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Tahlil va muhokama. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, isitish tizimlarini takomillashtirish alohida bitta texnologiyani joriy etish bilan cheklanib qolmaydi, balki tizimli va kompleks yondashuvni talab etadi. Zamonaviy tadqiqotlar isitish infratuzilmasini energiya ishlab chiqarish, saqlash va iste’mol qilish jarayonlari bilan uzviy bog‘langan yagona energetik tizim sifatida ko‘rib chiqadi. Bunda asosiy e’tibor energiya oqimlarini optimallashtirish, yo‘qotishlarni minimallashtirish va tizimning moslashuvchanligini oshirishga qaratiladi.

Birinchidan, markaziy isitish tizimlarini modernizatsiya qilish orqali katta hajmdagi issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish mumkin. Yangi avlod izolyatsiya materiallari, samarali issiqlik almashinuvchilar va avtomatlashtirilgan nasos stansiyalari tarmoq bo‘ylab energiya uzatish samaradorligini oshiradi. Past haroratli isitish konsepsiyasi esa issiqlik ishlab chiqarish manbalari bilan iste’molchilar o‘rtasidagi muvofiqlikni yaxshilab, yoqilg‘i sarfini kamaytiradi.

Ikkinchidan, qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushini oshirish tizimning ekologik ko‘rsatkichlarini sezilarli yaxshilaydi. Quyosh kollektorlari va geotermal manbalar bilan integratsiyalashgan isitish tizimlari yil davomida an’anaviy yoqilg‘ilarga bo‘lgan talabni kamaytiradi. Bunday integratsiya ayniqsa mavsumiy issiqlik saqlash tizimlari bilan birgalikda qo‘llanganda yuqori natija beradi, chunki ortiqcha issiqlik energiyasi keyingi davrlarda foydalanish uchun jamg‘ariladi.

Uchinchidan, issiqlik nasoslari past potensialli energiya manbalaridan samarali foydalanish imkonini berib, elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini bir necha barobar oshiradi. Issiqlik nasoslari bilan birgalikda qo‘llaniladigan issiqlik akkumulyatorlari yuklama notekisligini kamaytiradi, pik soatlarda tizimga tushadigan bosimni pasaytiradi va umumiy energiya iste’molini barqarorlashtiradi.

To‘rtinchidan, aqlli boshqaruv tizimlari isitish jarayonlarini real vaqt rejimida nazorat qilish va optimallashtirish imkonini beradi. Raqamli sensorlar, masofaviy monitoring va bashoratli boshqaruv algoritmlari tashqi harorat, bino yuklamasi va foydalanuvchi ehtiyojlariga mos ravishda ishlash rejimini avtomatik o‘zgartiradi. Bu nafaqat energiya tejamkorlikni oshiradi, balki tizimning ishlash ishonchliligini ham yaxshilaydi.

ISSN 3030-3907

Shu bilan birga, tadqiqotlar iqtisodiy jihatlarni ham muhim omil sifatida ko‘rsatadi. Dastlabki investitsiya xarajatlari yuqori bo‘lishiga qaramay, modernizatsiya qilingan isitish tizimlari uzoq muddatda ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi. Energiya narxlarining o‘sib borishi sharoitida bunday tizimlarning iqtisodiy samaradorligi yanada ortadi. Shuningdek, karbon chiqindilarini kamaytirish bo‘yicha xalqaro talablar ham zamonaviy isitish texnologiyalarini joriy etishni rag‘batlantirmoqda.

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili isitish tizimlarini takomillashtirish energiya, ekologiya va iqtisodiyot nuqtai nazaridan o‘zaro bog‘liq bo‘lgan ko‘p omilli jarayon ekanini ko‘rsatadi. Eng yuqori natijaga texnologik modernizatsiya, qayta tiklanuvchi energiya integratsiyasi va aqlli boshqaruvning birgalikdagi qo‘llanilishi orqali erishiladi.

XULOSA. Scopus ma’lumotlar bazasida chop etilgan ilmiy tadqiqotlar tahlili asosida xulosa qilish mumkinki, isitish tizimlarini takomillashtirish energiya samaradorligini oshirishning eng ustuvor va istiqbolli yo‘nalishlaridan biridir. Zamonaviy yondashuvlar alohida texnologiyalarni emas, balki butun tizimni kompleks optimallashtirishni nazarda tutadi.

Maqolada ko‘rib chiqilgan ilmiy natijalar shuni ko‘rsatadiki, markaziy isitish tizimlarini modernizatsiya qilish issiqlik yo‘qotishlarini kamaytiradi va mavjud infratuzilmaning samaradorligini oshiradi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash yoqilg‘i sarfini qisqartirib, atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytiradi. Issiqlik nasoslari va energiya saqlash texnologiyalari esa tizimning energiya balansini barqarorlashtirib, yuqori samaradorlikka erishish imkonini beradi. Aqlli boshqaruv tizimlari barcha jarayonlarni yagona raqamli platforma asosida boshqarib, energiya sarfini minimal darajaga tushirishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, isitish tizimlarini takomillashtirish quyidagi asosiy natijalarga olib keladi:

-energiya iste’molining sezilarli kamayishi;

-ekspluatatsiya xarajatlarining pasayishi;

-issiqxona gazlari chiqindilarining qisqarishi;

-tizimning ishonchliligi va xizmat muddati oshishi.

Kelgusidagi tadqiqotlar real sharoitlarda sinovdan o‘tgan integratsiyalashgan isitish tizimlarini modellashtirish, iqtisodiy samaradorlikni batafsil baholash va hududiy iqlim sharoitlariga mos optimal konfiguratsiyalarni aniqlashga qaratilishi maqsadga muvofiq. Bunday ilmiy izlanishlar barqaror energetika tizimlarini shakllantirish va energiya xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Lund, H., et al. Renewable energy systems and district heating. *Energy*, 2014.
2. Connolly, D., et al. Smart energy systems for heating. *Applied Energy*, 2016.
3. Ürge-Vorsatz, D., et al. Heating and cooling energy efficiency in buildings. *Energy and Buildings*, 2015.
4. Rezaie, B., Rosen, M.A. District heating and cooling: Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012.
5. Arteconi, A., Hewitt, N.J. Thermal energy storage for heating applications. *Applied Energy*, 2014.
6. Zhang, X., et al. Heat pump systems for building heating. *International Journal of Energy Research*, 2018.

ISSN 3030-3907

KOMPLEKS BIRIKMALARNING BIOKIMYODAGI AHAMIYATI

Tojiyeva Sevara Namozovna
Qarshi davlat universiteti o‘qituvchisi
Emeil: sevara.tojiyeva 145@gmail.com
Zayriddinova Anora Oybek qizi
Qarshi davlat universiteti, 4-bosqich talabasi
Emeil: zayriddinovaa@gmail.com
Azizboyeva Gavhar Raxmatillo qizi
Qarshi davlat universiteti, 4-bosqich talabasi
Emeil: azizboyevagavhar@gmail.com
Iskandarova Nilufar Ismatjon qizi
Qarshi davlat universiteti, 3-bosqich talabasi
Emeil: nilufariskandarova.2005@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada kompleks birikmalarning biokimyoviy jarayonlardagi o‘rni hamda ularning tirik organizmlardagi funksional ahamiyati tahlil qilinadi. Metall ionlari ishtirokida hosil bo‘ladigan koordinatsion birikmalar ko‘plab biologik tizimlarning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Xususan, gemoglobin, mioglobin va xlorofill kabi biomolekulalarda metall markazlarning mavjudligi ularning fiziologik vazifalarini bajarishida muhim omil bo‘lib xizmat qiladi. Shuningdek, metall ionlari ishtirok etadigan fermentativ jarayonlarning ayrim mexanizmlari ham ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari kompleks birikmalar tirik organizmlarda modda almashinuvi, gazlar transporti hamda fotosintez jarayonlarida muhim funksional rol bajarishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: koordinatsion bog‘, Verner nazariyasi, xelatlar, ferment, murakkab tuzilishli moddalar, gemoglobin, mioglobin, xlorofill.

Аннотация. В данной статье рассматривается роль комплексных соединений в биохимических процессах и их функциональное значение в живых организмах. Координационные соединения, образующиеся при участии ионов металлов, являются важной составной частью многих биологических систем. В частности, наличие металлических центров в таких биомолекулах, как гемоглобин, миоглобин и хлорофилл, играет важную роль в выполнении их физиологических функций. Также рассматриваются некоторые механизмы ферментативных процессов с участием ионов металлов. Результаты анализа показывают, что комплексные соединения выполняют важную функциональную роль в процессах обмена веществ, транспорте газов и фотосинтезе в живых организмах.

Ключевые слова: координационная связь, теория Вернера, хелаты, фермент, комплексные вещества, гемоглобин, миоглобин, хлорофилл.

ISSN 3030-3907

Abstract. This article analyzes the role of complex compounds in biochemical processes and their functional significance in living organisms. Coordination compounds formed with the participation of metal ions represent an important component of many biological systems. In particular, the presence of metal centers in biomolecules such as hemoglobin, myoglobin, and chlorophyll plays a crucial role in performing their physiological functions. In addition, several mechanisms of enzymatic processes involving metal ions are discussed. The results indicate that complex compounds perform an important functional role in metabolic processes, gas transport, and photosynthesis in living organisms.

Keywords: coordination bond, Werner theory, chelates, enzyme, complex substances, hemoglobin, myoglobin, chlorophyll.

KIRISH.

Kompleks birikmalar kimyosi zamonaviy kimyoning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u metall ionlari va turli ligandlar o‘rtasida hosil bo‘ladigan koordinatsion bog‘lanishlarni o‘rganadi. Bunday birikmalar nafaqat anorganik kimyoda, balki biologiya va biokimyo sohalarida ham katta ilmiy ahamiyatga ega. Tirik organizmlarda sodir bo‘ladigan ko‘plab biokimyoviy jarayonlar aynan metall ionlari ishtirokida hosil bo‘lgan kompleks birikmalar bilan bog‘liq holda amalga oshadi. Biologik tizimlarda metall ionlari turli biomolekulalar tarkibiga kirib, ularning strukturaviy barqarorligini ta’minlaydi hamda muhim fiziologik jarayonlarda faol ishtirok etadi. Ayniqsa, gemoglobin va mioglobin kabi metalloproteinlar organizmda kislorod tashish jarayonida muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, xlorofill molekulasida markaziy atom sifatida mavjud bo‘lgan magniy ioni fotosintez jarayonining samarali amalga oshishida asosiy funksional markazlardan biri hisoblanadi. Metall ionlari ishtirokidagi kompleks birikmalar ko‘plab fermentlarning faol markazida ham uchraydi. Bunday metallofermentlar turli biokimyoviy reaksiyalarning tezligini oshirishda katalitik rol bajaradi. Natijada modda almashinuvi jarayonlari, energiya almashinuvi hamda hujayra ichidagi muhim kimyoviy reaksiyalar samarali tarzda amalga oshadi.

Kompleks birikmalarning biologik tizimlardagi roli va ularning funksional mexanizmlarini o‘rganish bioanorganik kimyo sohasining muhim ilmiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Shu sababli metall markazli biomolekulalarning tuzilishi, ularning biologik vazifalari hamda fermentativ jarayonlardagi ishtirokini tahlil qilish ilmiy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Kompleks birikmalar kimyosi 1800-yillar boshlab o‘rganila boshlandi va 1893-yilda Alfred Verner tomonidan koordinatsion nazariya ishlab chiqilishi bilan ushbu sohaning ilmiy asoslari shakllandi. Vernerning ta'kidlashicha, agar ionlar

ISSN 3030-3907

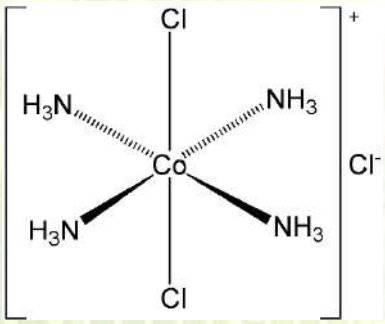
zanjir hosil qiladigan bo‘lsa, bu koordinatsion sferadan tashqarida sodir bo‘ladi, to‘g‘ridan-to‘g‘ri metall bilan bog‘langan ionlar esa koordinatsion sferada sodir bo‘ladi. Biroq, Verner o‘zining eng muhim kashfiyotlaridan birida zanjir nazariyasining ko‘pchiligini rad etdi. Shuningdek, Verner geksakoordinatali kobalt komplekslarida ligandlarning fazoviy joylashuvi mavjudligini ilmiy jihatdan asoslab berdi. Mazkur nazariya kompleks molekula ligand hamda birikmadagi zaryadni muvozanatlashtiruvchi ion o‘rtasidagi farqni tushuntirishga imkon beradi. Verner nazariyasiningasosiy qonuniyatlari:

1. Ko‘pchilik elementlar o‘zlarining asosiy valentliklaridan tashqari qo‘shimcha valentliklar ham namoyon qiladilar.

2. Har qaysi element o‘zining asosiy va qo‘shimcha valentliklarini to‘yintirishga intiladi.

3. Markaziy atomning qo‘shimcha valentliklari fazoda ma’lum yo‘nilishga ega bo‘ladi. (Misollar: kaliy geksaxloroplatinat (IV) tuzi va hokazo.).

Koordinatsion nazariyaga ko‘ra qo‘shimcha valentlik tushunchasi markaziy atomning koordinatsion soni bilan ifodalanadi. Koordinatsion son markaziy atom atrofida joylashgan ligandlar sonini bildiradi. Asosiy valentlik esa markaziy atomning oksidlanish darajasi bilan bog‘liq bo‘lib, u kompleks birikmaning umumiy zaryadini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Markaziy atomning koordinatsion soni bir qator omillarga, jumladan metall ionining oksidlanish darajasi, ligandlarning tabiati va markaziy ion hamda ligand radiuslari o‘rtasidagi nisbatga bog‘liq bo‘ladi. Natijada markaziy atom ligandlar bilan bir nechta koordinatsion bog‘lar hosil qilib kompleks tuzilma shakllantiradi. Quyida Co^{2+} ionining kompleks birikmasiga misol keltirilgan:



Kompleks birikmalar biologik tizimlarning deyarli barcha jarayonlarida asosiy o‘rinni egallaydi. Metall ionlari va organik ligandlar o‘rtasida hosil bo‘ladigan kompleks birikmalar tirik organizmlarda kislorod tashish, elektron transporti, fotosintez, fermentativ kataliz, gormonlar sintezi va zaharli metall ionlarni zararsizlantirish kabi jarayonlarni boshqarishni ta'minlaydi. Biometallokomplekslar organizmda barqarorlik, selektivlik va faollikni ta’minlaydi; ayniqsa, Fe, Mg, Zn, Cu, Co kabi metall ionlar asosiy bioelementlar hisoblanadi. Ular metalloenzimlar vazifasini bajarib, metall ionlari va ligandlar

ISSN 3030-3907

metabolik jarayonlarni tartibga solish uchun birgalikda ishlaydi, bu gemoglobinning kislorod tashishida va xlorofilning quyosh nurini yutishida ko‘rinadi. Ular ko‘plab biologik molekulalarning tuzilishi va funksiyasini saqlab qolish uchun juda muhimdir. Shu bois, kompleks hosil bo‘lish reaksiyalarining zamonaviy bioorganik kimyo va biokimyoda eng muhim ilmiy yo‘nalishlardan biridir. Tirik organizmlarda metall ionlar ko‘pincha erkin holda uchramaydi: ular oqsil, ferment, vitamin va porfirinlar bilan bog‘langan holda xelat komplekslarini hosil qiladi. (Xelatlar - ligand metall ionini bir vaqtning o‘zida ikki yoki undan ortiq donor atomlari bilan “halqa”simon bog‘lab oladi. Natijada hosil bo‘lgan kompleks xelat kompleksi deb ataladi).

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ko‘plab fermentlar tarkibida metall ionlar mavjud bo‘lib, ular katalitik markaz sifatida ishtirok etadi. Metall ionlar (Zn^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}/Fe^{3+}, Cu^{+}/Cu^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+} va boshqalar) fermentlarning katalitik markazlarida strukturaviy barqarorlik, elektron zichlikni qayta taqsimlash, nukleofil va elektrofil xususiyatlarni shakllantirish, hamda reaksion yo‘lning energiya to‘sig‘ini pasaytirish kabi funksiyalarni bajaradi. Ular bioorganik kimyo nuqtai nazaridan “Lyuis kislota markazlari” sifatida ishtirok etadi. Uning ishlash mexanizmi 3 ga bo‘linib, molekulyar darajada izohlanadi:

1. Substratni faollashtirish hamda koordinatsion bog‘ hosil qilish (Lyuis kislotasi sifatida). Bunda metall ion substratning elektron juftiga bog‘lanib, uning elektron zichligini kamaytiradi, qutblantiradi va reaktiv holatga o‘tadi. Bu jarayon substratning o‘tish holatiga yetishi uchun zarur bo‘lgan energiyani keskin kamaytiradi. Metall ion substratnining fazodagi shaklini ushlab turadi, bu esa fermentga o‘tish holatini aniq yo‘naltirish imkonini beradi. Qutblanish orqali kovalent bog‘lar qisman zaiflashadi, masalan C=O guruhining elektrofil markazi kuchayadi. Metall ion fermentning faol markazidagi aminokislota qoldiqlarini optimal tarzda joylashtiradi, bu esa proton almashinuvi va nukleofil hujum tezligini oshiradi. Masalan:

Kuchli fermentlar: Zn^{2+} – karboksipeptidaza, karbonangidraza

Mg^{2+} – DNK polimeraza, ATFga bog‘liq fermentlar

Mn^{2+} – fosfatazalar, superoksid dismutaza

Zn^{2+} peptid bog‘idagi karbonil kislorodni bog‘lab, C=O ni kuchli elektrofilga aylantiradi; bu nukleofil hujum (suv yoki $–OH^{–}$) uchun ideallashtirilgan aktiv markaz yaratadi hamda jarayonni faollantiradi.

2. Elektron almashinuvi (redoks markazlar).

Markaziy atomlar (Fe, Cu, Mn, Mo, Co) bir necha valentlikni namoyon qilib, turli ko‘rinishdagi birikma holda erkin almashina oladi. Bu ularni elektron

ISSN 3030-3907

tashuvchi sifatida ideal qiladi. Redoks fermentlar bir elektronli yoki ko‘p elektronli transferlar orqali reaksiyani kuchaytiradi. Metall ion elektronni qabul qilib (oksidlanib) yoki berib (qaytarilib) redoks juftlik hosil qiladi. Metall markazga tashqi ligandlar (His, Cys, Met, Glu qoldiqlari) koordinatsiyasi bilan valent holatni barqarorlashtiradi. Metall ion orqali elektron o‘tishi reaksiyaning energiyasini moslashtiradi, ya’ni o‘tar holatning faollanish energiyasini kamaytiradi. Bu mexanizmga misollar:

Gem-proteinlar: sitoxromlar (Fe^{2+}/Fe^{3+} komplekslari)

Fe–S klasterlari: ferredoksinlar

Cu-proteinlar: sitoxrom, oksidaza, plastosianin

Mo-fermentlar: nitrat reduktaza

Cu^{+}/Cu^{2+} va Fe^{2+}/Fe^{3+} markazlar ketma-ket elektron qabul qilish va berish orqali suvga qaytaradi. Bu jarayonda proton gradienti yaratiladi, bu esa ATF sintezi uchun fundamental hisoblanadi.

3. Suvni ionlashtirish va gidroliz jarayonini boshlash (metal aktivatsiyalangan suv mexanizmi)

Metall ion (ayniqsa Zn^{2+}, Mg^{2+}, Mn^{2+}) suv molekulasini o‘ziga tortib, uning pKa qiymatini keskin pasaytiradi. Natijada suv metall kompleksda oson deprotonlanadi va kuchli nukleofil bo‘lgan gidroksid ionini hosil qiladi. Bu OH^{-} fermentativ gidrolizlarning asosiy harakatlantiruvchi kuchi sanaladi. Jarayon ketma ketlikda ko‘rib chiqilsa:

1. Suv metallga ta'sir etib, koordinatsiya hosil qilishga turtki beradi.
2. Metall ion suv protonini tortib olishini osonlashtiradi.
3. Hosil bo‘lgan $–OH^{-}$ substratga nukleofil hujum qiladi.

Masalan, karbonangidraza (Zn^{2+}) fermenti tabiatdagi eng tez fermentlardan biridir.

Reaksiya: $CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^{-} + H^{+}$

Mexanizm:

Zn^{2+} suvni koordinatsiya qiladi $\rightarrow H_2O \rightarrow OH^{-} + H^{+}$

Hosil bo‘lgan OH^{-} CO_2 ga to‘g‘ridan-to‘g‘ri nukleofil sifatida hujum qiladi. Bu jarayon juda tez sodir bo‘lib, bu jarayon metall ionsiz deyarli sodir bo‘lmaydi. Shu mexanizmga asoslangan boshqa fermentlar

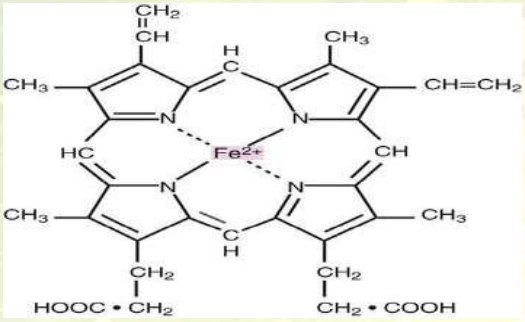
Metalloproteazalar (Zn^{2+})

Fosfatazalar (Mg^{2+}/Mn^{2+})

Shuningdek, eng muhimi oqsillar metall ionlari hamda ligandlar bilan bog‘ hosil qilib, murakkab tuzilishga ega kompleks birikmalarni hosil qiladi. Masalan, umurtqali hayvonlar hamda inson qoni tarkibida uchraydigan oqsil - gemoglobin. U qizil qon tanachalari tarkibida joylashgan oqsil bo‘lib, uning markazi temir (ll)

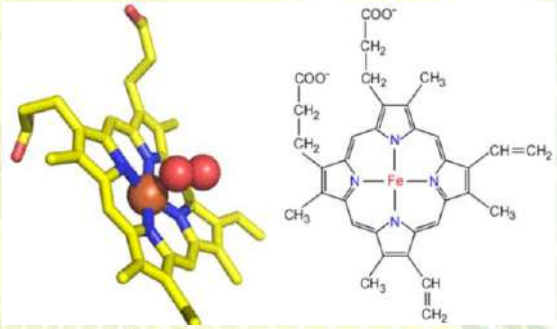
ISSN 3030-3907

ioniga bog‘langan porfirin (gem) dan iborat. Asosiy funksiyasi kislorodni butun tanada tarqalishiga javobgardir. Gemoglobin $Fe^{2+} – O_2$ bilan qaytar kompleks hosil qiladi, bu jarayon organizmda muvozanat saqlanishi uchun juda muhim.



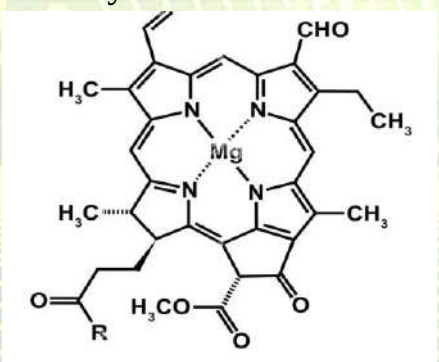
Gemoglobin.

Mioglobin - muskul to‘qimalarida uchraydigan, tarkibi va xossalari jihatdan gemoglobinga o‘xshash, ammo kislorodni biriktirish qobiliyati nisbatan yuqori bo‘lgan oqsil. Markaziy atomi Fe^{2+} ioni 6 ta koordinatsion bog‘ hosil qilib, oktaedrik shaklni namoyon qiladi.



Mioglobin

Xlorofill molekulasi Mg^{2+} ionini o‘z ichiga olgan porfirin yoki xlorin halqasi kompleksi hisoblanib, koordinatsion soni 6 ga teng. Fazoviy shakli ko‘pincha deformatsiyalangan oktaedrik yoki tetraplanar. Mg^{2+} markaziy ion sifatida π-elektron tizimini barqarorlashtiradi. Fotosintezda muhim bo‘lgan yorug‘likni yutish spektrini o‘zgartiradi. Shu bilan bir qatorda, quyosh nurini yutish, elektronlarni qo‘zg‘atish va fotokimyoviy reaksiyalarni boshlashda ishtirok etadi. Metall ioni bo‘lmasa, xlorofill energiya singdirish qobiliyatini yo‘qotadi hamda fotosintez jarayoni amalga oshmaydi.



Xlorofill

ISSN 3030-3907

XULOSA.

Kompleks birikmalar tirik organizmlarda sodir bo‘ladigan ko‘plab biokimyoviy jarayonlarning muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Metall markazga ega bo‘lgan biomolekulalar, jumladan gemoglobin, mioglobin va xlorofill kabi birikmalar gazlar transporti, modda almashinuvi hamda fotosintez jarayonlarida muhim funksional rol bajaradi. Metall ionlari ishtirokidagi kompleks tizimlarning tuzilishi va xossalarini o‘rganish bioanorganik kimyo sohasining rivojlanishida muhim ilmiy ahamiyatga ega. Bunday tadqiqotlar farmatsiya, biotexnologiya va tibbiyot yo‘nalishlarida yangi ilmiy natijalar olish uchun muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Yusupov V.G., Toshev M.T., Parpiyev N.A., Koordinatsiyey birikmalar kimyosi, T., 1996;
2. Ю. Н. Кукушкин. "Химия координационных соединений". М. "Высшая школа" 1985.
3. Miessler, Gary L.; Donald Arthur Tarr (1999). Inorganic Chemistry. Prentice Hall. p. 642. ISBN 978-0-13-841891-5.
4. Hazelwood, Loren (2001) Can't Live Without It: The story of hemoglobin in sickness and in health, Nova Science Publishers ISBN 1-56072-907-4
5. Lawrance, Geoffrey A. (2010). Introduction to Coordination Chemistry. Wiley. doi:10.1002/9780470687123. ISBN 9780470687123
6. Inom o‘g‘li X.J.et al. Biologik faol kompleks birikmalar.Лучшие интеллектуальные исследования.- 2025.-Т.38.-№.1.-С.319-325.
7. 7.Kenjayevich, B.A.,Tashanovich, S.K.,Uzokovich,D.M.,& Sayfiyevna,У.S.(2022).Changes of basic intermediates in blood in myocardial infarction.Journal of Posiative School Psychology,1775-1781.

ISSN 3030-3907

KONCHILIK ISHLARIDA KARYER BORTLARINING TURG‘UNLIGINI BAHOLASHDAGI SONLI USULLARNING TAHLILI

Norov G‘ulomjon Mirzog‘olib o‘g‘li
Sharq universiteti, o‘qituvchi, Navoiy
E-mail: norovg91@mail.ru
Science ID: MNV-0326-0001
ORCID: 0009-0000-1580-9505
Tel: (90) 501-25-23

Annotatsiya. Ushbu maqola ochiq konlarda karyer bortlarining turg‘unligini o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, u sanoat xavfsizligi va qazib olish jarayonlarining iqtisodiy samaradorligini ta’minlash bilan bog‘liq dolzarb masalalarni qamrab oladi. Tadqiqotning maqsadi differensial tenglamalarni yechishning sonli usullari asosida karyer bortlari turg‘unligini baholashning matematik modelini ishlab chiqishdan iborat. Modellashtirish jarayonida Pikarning ketma-ket yaqinlashish usuli, Eyler usuli va Teylor qatoriga yoyish usullaridan foydalanilgan. Analitik va sonli yechimlarni taqqoslash orqali deformatsion jarayonlarni tahlil qilish imkoniyati baholandi. Natijada karyer borti bo‘ylab deformatsiyalar taqsimlanishi va kuchlanishlarning to‘planish zonalari aniqlandi. Olingan natijalar bort parametrlarini loyihalash, xavfli zonalarni prognozlash hamda konchilik ishlarida xavfsizlikni oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: darzlangan zonalar, klassik, kompleks, retsenziya, regression tahlil, keys-stadi, vektor, lokal tahlil, ekspluatatsiya, anizotropiya, intellektual.

Аннотация. Данная статья посвящена изучению устойчивости бортов карьеров на карьерах открытого типа и охватывает актуальные вопросы, связанные с обеспечением промышленной безопасности и экономической эффективности процессов разработки. Целью исследования является разработка математической модели оценки устойчивости бортов карьера на основе численных методов решения дифференциальных уравнений. В процессе моделирования использовались метод последовательных приближений Пикара, метод Эйлера и методы разложения в ряд Тейлора. Оценена возможность анализа деформационных процессов путем сравнения аналитических и численных решений. В результате определено распределение деформаций и зоны накопления напряжений вдоль борта карьера. Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании бортовых параметров, прогнозировании опасных зон и повышении безопасности при горных работах.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: трещиноватые зоны, классический, комплексный, рецензия, регрессионный анализ, кейс-стади, векторный, локальный анализ, эксплуатация, анизотропия, интеллектуальный.

Annotation. This article is devoted to the study of the stability of quarry sides in open-pit mines and covers topical issues related to ensuring industrial safety and the economic efficiency of mining processes. The purpose of the research is to develop a mathematical model for assessing the stability of quarry sides based on numerical methods for solving differential equations. In the modeling process, Picard's successive approximation method, Euler's method, and Taylor series expansion methods were used. The possibility of analyzing deformation processes was assessed by comparing analytical and numerical solutions. As a result, the distribution of deformations and stress accumulation zones along the quarry side were determined. The obtained results are of practical importance in the design of onboard parameters, forecasting of hazardous zones, and increasing safety during mining operations.

Keywords: fractured zones, classical, complex, review, regression analysis, case study, vector, local analysis, exploitation, anisotropy, intellectual.

KIRISH

Ochiq konlarda foydali qazilmalarni qazib olish jarayonida karyer bortlarining turg‘unligini ta’minlash konchilik ishlarining muhim ilmiy va amaliy muammolaridan biri hisoblanadi. Bortlarning buzilishi, texnologik jarayonlarning to‘xtashi va katta iqtisodiy yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin. Ayniqsa karyer chuqurligining ortishi va murakkab kon-geologik sharoitlarda tog‘ jinslarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini aniq baholash masalasi yanada dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Karyer bortlarining turg‘unligiga tog‘ jinslarining bir jinsli emasligi, darzlangan zonalar, gidrogeologik sharoitlar hamda konchilik ishlarida ishlatiladigan texnika va mexanizmlardan kelib chiqadigan yuklamalar kabi ko‘plab omillar ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu omillarning o‘zaro ta’siri kon massivida murakkab deformatsion jarayonlarni yuzaga keltiradi, bu jarayonlarni faqat analitik usullar yordamida to‘liq tavsiflash qiyin. Shu sababli deformatsiyalarni baholash va xavfli zonalarni aniqlashda differensial tenglamalarni yechishga asoslangan sonli modellashtirish usullaridan foydalanish zarur hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda ochiq karyer bortlarining turg‘unligini baholash uchun differensial tenglamalarni yechishning sonli usullariga asoslangan matematik model ishlab chiqiladi. Tadqiqotning dolzarbligi karyer bortlarining geomexanik holatini yanada aniqroq baholash va qulash xavfini oldindan prognozlash imkonini beruvchi yondashuvni taklif etish bilan belgilanadi. Ishning ilmiy yangiligi esa

ISSN 3030-3907

klassik sonli usullarni kon massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilishda kompleks qo‘llash orqali karyer bortlari turg‘unligini baholash usulini takomillashtirishdan iborat.

Maqola kirish, tadqiqot usullari, olingan natijalarning tahlili va muhokamasiga bag‘ishlangan bo‘lim hamda asosiy xulosalar va amaliy tavsiyalar ifodalangan xulosadan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ochiq karyerlar bortlarining turg‘unligini o‘rganish masalasi kon geomexanikasi va matematik modellashtirish sohasida muhim tadqiqot yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mahalliy va xorijiy olimlarning ishlarida karyer bortlarining turg‘unligini baholashning nazariy asoslari hamda muhandislik hisoblash usullari keng yoritilgan.

V.N. Melnikov, M.M. Protodyakonov va L.I. Baronlarning tadqiqotlarida tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari hamda qiyaliklarning yemirilish sharoitlari asosida karyer bortlari turg‘unlik nazariyasining asoslari ishlab chiqilgan. Keyingi tadqiqotlarda A.A. Kuznetsov, V.S. Fisenko va A.G. Bondarenko tomonidan chegaraviy muvozanat usullari asosida karyer bortlari turg‘unligini baholashning muhandislik yondashuvlari takomillashtirilgan.

Xorijiy tadqiqotchilar E. Hoek, J. Bray, D. Read va P. Stacey ishlarida tog‘ jinslari massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini tahlil qilishda sonli modellashtirish usullari, jumladan chekli elementlar va chekli ayirmalar usullarining samaradorligi ko‘rsatilgan. Shuningdek, R. Courant, K. Friedrichs, A.N. Tixonov va A.A. Samarskiylarning ilmiy ishlari differensial tenglamalarni sonli yechish asoslarini ishlab chiqish orqali geomexanik jarayonlarni modellashtirishga muhim hissa qo‘shgan.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mavjud tadqiqotlarning aksariyati murakkab hisoblash modellariga yoki an’anaviy muhandislik usullariga asoslangan. Shu bilan birga, karyer bortlarining deformatsion jarayonlarini tezkor baholash uchun differensial tenglamalarni yechishning klassik sonli usullarini kompleks qo‘llash masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan. Shu sababli mazkur tadqiqotda Pikar, Eyler va Teylor usullariga asoslangan yondashuv orqali karyer bortlarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini modellashtirish taklif etiladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot metodologiyasi ochiq karyer bortlarining turg‘unligini baholashga kompleks yondashuvga asoslangan bo‘lib, nazariy tahlil, sonli modellashtirish va olingan natijalarni qiyosiy umumlashtirishni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot konchilik geomexanikasining zamonaviy talablarini hisobga olgan holda

ISSN 3030-3907

shakllantirilgan va tog‘ massivlarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining shakllanish qonuniyatlarini aniqlashga qaratilgan [1].

Tadqiqotning axborot bazasini karyer bortlarining turg‘unligi, geomexanika va differensial tenglamalarni yechishning sonli usullariga bag‘ishlangan mahalliy va xorijiy ilmiy nashrlar, monografiyalar va me’yoriy-texnik hujjatlar tashkil etdi [2,3]. Bundan tashqari, Scopus va Web of Science ma’lumotlar bazalarida indekslangan retsenziyalanadigan jurnallarda chop etilgan materiallardan foydalanilgan, bu esa dastlabki ma’lumotlarning yuqori darajadagi ishonchliligini ta’minlaydi [4].

Tadqiqotda quyidagi tahlil usullari qo‘llanilgan. Iqtisodiy-statistik usul karyer bortlarining parametrlari va tog‘ jinslarining xususiyatlari to‘g‘risidagi ma’lumotlarni umumlashtirish va tizimlashtirish uchun ishlatilgan. Qiyosiy tahlil yordamida turg‘unlik masalalarining analitik va sonli yechimlarini taqqoslash, shuningdek, turli xil hisoblash usullarining samaradorligini baholash amalga oshirildi [5].

Deformatsion jarayonlarni miqdoriy baholash uchun bortning geometrik parametrlari, tog‘ jinslarining fizik-mexanik xususiyatlari va deformatsiya qiymatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rnatishga imkon beradigan regression tahlil elementlaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy vositasi differensial tenglamalarni Pikar usuli, Eyler usuli va Teylor qatoriga yoyish usullari bilan yechishga asoslangan matematik modellashtirish hisoblanadi [6,7].

Bundan tashqari, tadqiqotda keys-stadi usuli qo‘llanilgan bo‘lib, uning doirasida ochiq karyerlar bortlarining turg‘unligini yo‘qotishning namunaviy holatlari tahlil qilingan. Bu olingan nazariy natijalarni konchilik ishlarining real sharoitlariga moslashtirish va tadqiqotning amaliy ahamiyatini oshirish imkonini berdi [8].

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Ochiq karyer bortining turg‘unligini tadqiq qilishda M.Isroilovning “Hisoblash usullari” (2008) da keltirilgan formulalar va yondashuvlar asosida differensial tenglamalarni yechishning sonli usullari qo‘llanilgan. Tog‘ jinslari massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini modellashtirish uchun analitik usullar (Pikar usuli, Teylor qatoriga yoyish) va sonli usullar (Eyler usuli, ketma-ket yaqinlashish usuli) dan foydalanilgan.

1. Masalaning qo‘yilishi

Bort deformatsiyalarini baholash uchun quyidagi ko‘rinishdagi tenglamalar tizimi ko‘rib chiqildi:

$$u'(x) = f(x,u),\ \ u(x_0) = u_0$$

ISSN 3030-3907

bu yerda $u\ (x)$ – koordinataga bog‘liq deformatsiyalar vektori, $f\ (x, u)$ – kon massivining ichki kuchlanishlarini tavsiflovchi funksiya.

Yechish uchun quyidagi usullardan foydalanildi:

Pikarning ketma-ket yaqinlashish usuli:

$$u_{n+1}(x) = u_0 + \int_{x_0}^{x} f(t, u_n(t))dt$$

Eyler metodi:

$$u_{n+1} = u_n + hf(x_n, u_n),\ h$$ – to‘rning qadami

Teylor qatoriga yoyish:

$$u(x) = u(x_0) + u'(x_0)(x - x_0) + \frac{u''(x_0)}{2!}(x - x_0)^2 + \frac{u^{(3)}(x_0)}{3!}(x - x_0)^3 \ldots$$

bu yerda $u', u'', \ldots$ hosilalar differensial tenglama asosida murakkab funksiyalarni differensiallash qoidalaridan foydalanib hisoblab chiqilgan.

2. Olingan natijalar tahlili

Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, bort asosidan dastlabki 50-100 m masofada deformatsiyalar deyarli chiziqli ravishda to‘planadi va $|u\ (x)| < 0{,}05$ ruxsat etilgan qiymatlar oralig‘ida bo‘ladi. Eyler usulidan $h = 0{,}1$ qadamda foydalanish 1% gacha aniqlikni ta’minladi, bu quyidagi formula bo‘yicha xatolikni baholashga mos keladi:

$$e_n = |u(x_n) - u_n| \le L \int_{x_0}^{x} e_{n-1}(t)dt$$

bu yerda L – $f\ (x, u)$funksiyaning Lipshis doimiysi.

Pikar usuli yechimning analitik yaqinlashishini tasdiqladi va Teylor qatoriga yoyish bortning kichik qismlaridagi deformatsiya qiymatlarini yuqori aniqlik bilan aniqlashga imkon berdi.

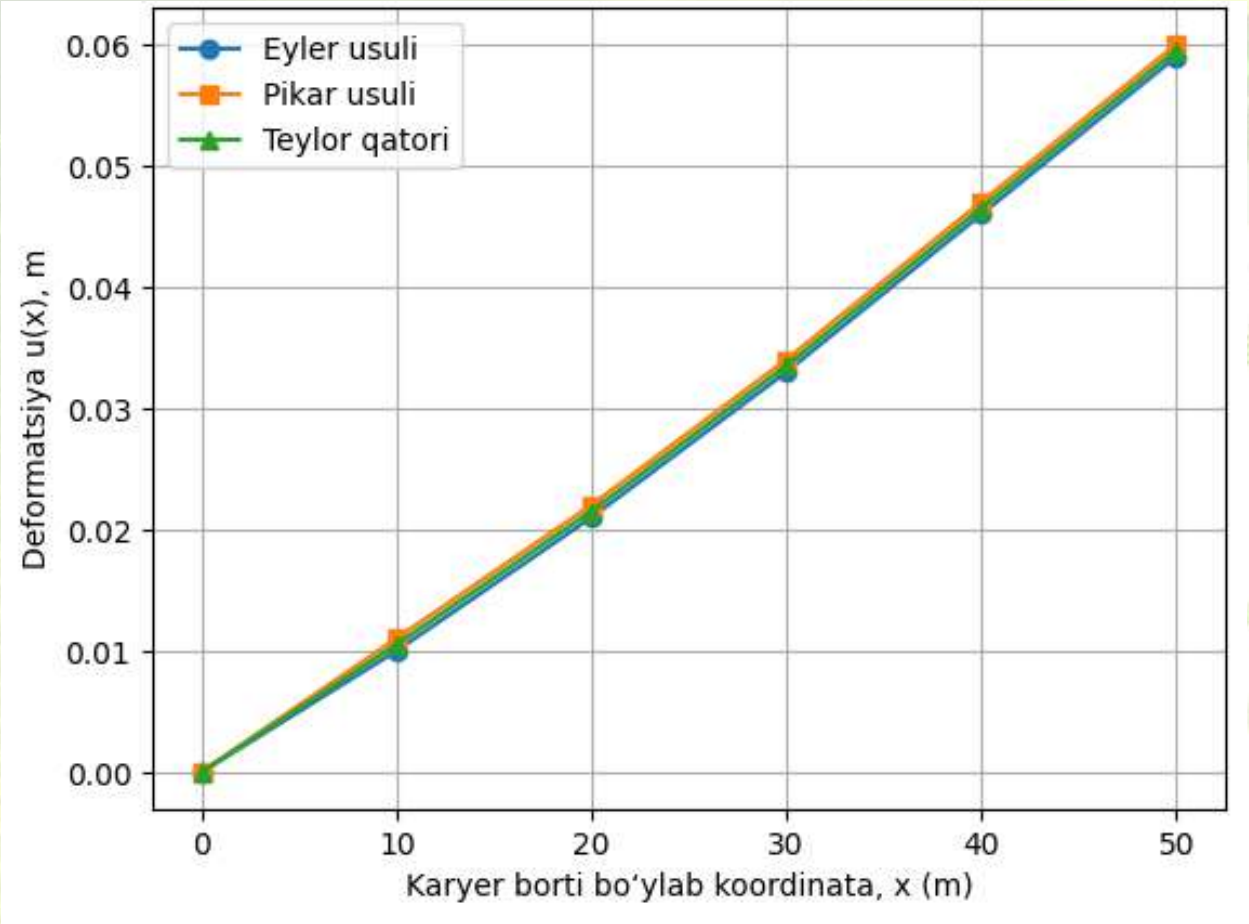
1-jadval

Bort deformatsiyalarini sonli modellashtirish natijalari

X, m	Eyler bo‘yicha $u(x)$, m	Pikar bo‘yicha $u(x)$, m	Teylor bo‘yicha $u(x)$, m
0	0.000	0.000	0.000
10	0.010	0.011	0.0105
20	0.021	0.022	0.0215
30	0.033	0.034	0.0335
40	0.046	0.047	0.0465
50	0.059	0.060	0.0595

Eslatma: qiymatlar verguldan keyin 3 xonagacha yaxlitlangan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Karyer borti bo‘ylab deformatsiyalar taqsimoti (Eyler, Pikar va Teylor usullarida karyer borti deformatsiyalarini hisoblash natijalarini taqqoslash).

3. Nazariya bilan taqqoslash va muhokama qilish.

Olingan natijalarni analitik yechimlar bilan taqqoslash (iloji boricha) yaxshi muvofiqlikni ko‘rsatdi. Usullar o‘rtasidagi farqlar 2-3 % dan oshmaydi, bu esa tanlangan sonli yondashuvlarning to‘g‘riligini tasdiqlaydi. Asosiy kuzatishlar:

- Eyler usulini amalga oshirish oson, ammo aniqlik uchun kichik *h* qadamni talab qiladi.

- Pikar usuli yaqinlashishni ta’minlaydi va integrallari ma’lum bo‘lgan boshlang‘ich shartlar uchun qo‘llaniladi.

- Teylor qatoriga yoyish kichik intervallardagi deformatsiyalarni lokal tahlil qilish uchun samarali.

Tadqiqot cheklovlari:

- Kuchlanishlarning chiziqli va kuchsiz nochiziqli modeli uchun modellashtirish amalga oshirildi.

- Harorat o‘zgarishi va suvga to‘yinishning mumkin bo‘lgan ta’siri hisobga olinmagan.

ISSN 3030-3907

- Murakkabroq ssenariylar uchun chekli elementlar usullaridan foydalanish talab etiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida differensial tenglamalarni sonli yechishga asoslangan ochiq karyer bortlarining turg‘unligini baholashning matematik modeli ishlab chiqildi va sinovdan o‘tkazildi. Pikar usuli, Eyler usuli va Teylor qatoriga yoyish usullaridan foydalanish kon massivining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini miqdoriy baholash va deformatsiyalarning karyer borti bo‘ylab taqsimlanish qonuniyatlarini aniqlash imkonini bergan.

Aniqlandiki, deformatsiyalar bortning yuqori qirrasiga yaqinlashgan sari nochiziqli ravishda oshib boradi va turg‘unlikni yo‘qotish doirasida eng katta xavf tug‘diradigan kuchlanishlar konsentratsiyasi zonalarini hosil qiladi. Olingan natijalar geomexanik tahlil masalalarida sonli usullarning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi va ularning murakkab geologik sharoitlarda an’anaviy analitik yondashuvlarga nisbatan afzalligini ko‘rsatadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati taklif etilgan modelni loyihalash va ekspluatatsiya qilish bosqichlarida karyer bortlarining turg‘unligini tezkor prognozlash uchun qo‘llash mumkinligi bilan izohlanadi. Olingan bog‘lanishlar asosida bort qiyaliklarining geometrik parametrlarini optimallashtirish, bortning qiyalik burchagini to‘g‘rilash va uni mustahkamlashning oqilona sxemalarini tanlash tavsiya etiladi. Bu favqulodda vaziyatlar ehtimolini kamaytirish, foydali qazilmalarning yo‘qotilishini kamaytirish va kon ishlarining iqtisodiy samaradorligini ta’minlash imkonini beradi.

Amaliy tavsiyalar sifatida karyerlarning geomexanik monitoringi tizimlariga raqamli modellashtirishni joriy etish, shuningdek, olingan modellardan me’yoriy hujjatlar va loyiha yechimlarini ishlab chiqishda foydalanish taklif etiladi. Bundan tashqari, burg‘ilash-portlatish ishlarini rejalashtirishda va karyer texnikasini ishlatish rejimlarini tanlashda hisoblash natijalarini hisobga olish maqsadga muvofiqdir.

Keyingi tadqiqotlar istiqbollari kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatining fazoviy (2D va 3D) modellarini ishlab chiqish, tog‘ jinslarining anizotropiyasi va yoriqligini hisobga olish, shuningdek, dinamik va seysmik yuklarni integratsiyalash bilan bog‘liq. Sonli modellashtirish usullari va katta ma’lumotlar usullarini qo‘shimcha ravishda qo‘llash prognozlash aniqligini oshirish va ochiq karyerlar bortlarining turg‘unligini boshqarishning intellektual tizimlarini yaratish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abdellah W., Beblawy M., Mohamed M. *Evaluation of open pit slope stability using various slope angles and element types*. *Mining of Mineral Deposits*. 2018. https://doi.org/10.15407/mining12.02.047
2. Liu W., Sheng G., Kang X., Yang M., Li D., Wu, S. *Slope Stability Analysis of Open-Pit Mine Considering Weathering Effects*. *Applied Sciences*, 14(18):8449, 2024. https://doi.org/10.3390/app14188449
3. Litonin V.A., Talgamer B.L., Roslavtseva Y.G. *Анализ устойчивости бортов карьеров в четвертичных отложениях*. *International Research Journal*, №4(142), 2024. https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.142.146
4. Maratov, T. *Slope Stability Analysis of the Bozshakol Open Pit Mine Using the Finite Element Method* (Master’s Thesis). *School of Mining and Geosciences*, 2023.
5. Эргашев Н.Х., & Шарипов Л.О. *Анализ современных методов определения и оценки параметров устойчивых откосов бортов карьеров*. *Universum: технические науки*, 2(131), 2025. https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19413
6. Мухаметкалиев Б.С., Калюжный Е.С., Съедина С.А., Абдибеков Н.К. *Геомеханическое обеспечение устойчивости бортов карьера при увеличении глубины отработки. Горный журнал*, 2018.
7. Багадасарьян А.Г., Сытенков В.Н. К вопросу об изменении устойчивости бортов с увеличением глубины карьера. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 2014.
8. Быковцев А.С., Прохоренко Г.А., Сытенков В.Н. Моделирование геодинамических и сейсмических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых. Ташкент: Фан, 2000.
9. Hoek E., Bray J. *Rock slope engineering*. 3rd ed., *Taylor & Francis*, 2005.
10. Hustrulid W., McCarter M.K., Van Zyl J. (Eds.) *Slope stability in surface mining*. *Society for Mining, Metallurgy and Exploration*, Inc., 2000.
11. Giani G. *Rock slope stability analyses*. *A.A. Balkema*, 1992.
12. Aydan O. *Time-Dependency in Rock Mechanics and Rock Engineering*. *CRC Press*, 2017.
13. Burd A. *Mathematical Methods in the Earth and Environmental Science*. *Cambridge University Press*, 2019.
14. Куанышбекова А.А. *Изучение методов расчета устойчивости карьерных откосов с учетом пликативной нарушенности*. 2010.
15. Кропоткин М.П., Фоменко И.К., Колошеин В.Б. *Вероятностные расчеты устойчивости откосов в насыпных массивах*. *Инженерная геология*, 2024.

ISSN 3030-3907

16. Kliche, C.A. *Rock slope stability / Устойчивость горных откосов*. Society for Mining Metallurgy and Exploration Inc., 2018.
17. Neil Bar, Nick Barton *Q-slope method for rock slope engineering (Meta-analytical classification method). Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2017. DOI:10.1007/s00603-017-1305-0
18. Hoek E., Brown E.T. *Updated Hoek-Brown failure criterion for rock masses*. Rocscience White Paper. 2002
19. M.Isroilov Hisoblash usullari 2-qism, Oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik. – T.: Iqtisod-Moliya, 2008. – 320 b.
20. Норов Ю.Д., Заиров Ш.Ш. *Проектирование карьеров и обеспечение устойчивости бортов.* –Монография. – Навои, Изд. «Навои», 2015. – 252 с.
21. G.M. Norov, O.J. Khudayberdiev, S.Kh. Rakhmatov, M.R. Mekhmonov, *Assessment of the stability of the pit wall using the cubic spline method and the slope angle of the pit wall trajectory. EPRA International Journal of Research and Development (IJRD)*, USA, August 2023, Volume: 8, Issue: 8. p.75-80.
22. Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж., Рахматов С.Х., Мехмонов М.Р. *Determination of convex shape of the trajectory of the quarry board trajectory by the method of cubic splines. The American Journal of Interdisciplinary Innovations and Research*, USA, November 2023, Volume 05, Issue 11, Pages: 51-62.
23. Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж., Рахматов С.Х., Карабекян С.Х. *Задача об определении формы отвалов, методах вычисления их объёмов и массы. Горный вестник Узбекистана научно-технический и производственный журнал*, №4(95) октябрь-декабрь 2023. стр. 69-71 стр.
24. Норов Г.М., Худайбердиев О.Ж. *Определение координат центра масс горного массива ограниченного бортом карьеры и плоскостью скольжения. Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universitetining “O‘zMU xabarlari” nomli ilmiy jurnali* 2024 2/2 soni 124-130 b. https://journalsnuu.uz/index.php/1/issue/view/141/556
25. Насиров У.Ф.,Худайбердиев О.Ж., Норов Г.М. *Определение коэффициента запаса устойчивости центра тяжести горного массива. Бухоро давлат университети илмий ахбороти” илмий-назарий журнали* №6 сонида 2025. – 96-101 б. https://buxdu.uz/media/jurnallar/ilmiy_axborot/ilmiy_axborot_6_2025_1.pdf

ISSN 3030-3907

JAHONDA QUYOSH ISSIQXONALARIDAN FOYDALANISHNING ZAMONAVIY HOLATI VA KONSTRUKSIYALARI TAHLILI

Komilova Nodira Abdirahmon qizi

Buxoro davlat universiteti, Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

E-mail: baxti7222@gmail.com

Tel: +998 97-878-43-21

Annotatsiya. Mazkur maqolada jahon miqyosida quyosh issiqxonalaridan foydalanishning zamonaviy holati, ularning konstruktiv yechimlari hamda energiya samaradorligini oshirish yo'llari keng tahlil qilinadi. Maqolada qayta tiklanadigan energiya manbalaridan – quyosh fotoelektrik-issiqlik (PV/T) kollektorlar, suv kollektorlar, biogaz qurilmalari va issiqlik rekuperatsiya tizimlaridan – kompleks foydalanish asosida yuqori energiya samarador quyosh issiqxonasini yaratish masalalari o'rganilgan. Dunyoning yetakchi davlatlarida – Xitoy, Niderlandiya, Turkiya, Ispaniya, Germaniya va Isroilda – qo'llaniladigan zamonaviy issiqxona texnologiyalari taqqoslama tahlil qilingan. Tadqiqot davomida quyosh kollektorlarining issiqlik samaradorligi, issiqlik akkumulyatsiya tizimlari, biogaz qurilmasining energiya balansi va issiqlik rekuperatsiyasining energiya tejash imkoniyatlari batafsil ko'rib chiqilgan. Bundan tashqari, kombinatsiyalashgan tizimning energetik, eksergetik, ekologik va iqtisodiy samaradorligi baholangan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, mazkur yondashuv issiqxona energiya sarfini 35–45% gacha kamaytirish va CO_2 emissiyasini sezilarli darajada qisqartirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: quyosh issiqxonasi, qayta tiklanadigan energiya manbalari, PV/T kollektorlar, fotoelektrik tizim, biogaz qurilmasi, energiya samaradorligi, issiqlik rekuperatsiyasi, eksergetik tahlil, mikroiqlim boshqaruvi.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the current state of solar greenhouse use worldwide, their design solutions, and ways to improve their energy efficiency. The article examines the issues of creating a highly energy-efficient solar greenhouse based on the integrated use of renewable energy sources - solar photovoltaic-thermal (PV/T) collectors, water collectors, biogas plants, and heat recovery systems. Modern greenhouse technologies used in the world's leading countries – China, the Netherlands, Turkey, Spain, Germany and Israel – were compared. During the study, the thermal efficiency of solar collectors, thermal accumulating systems, the energy balance of the biogas device and the energy saving possibilities of thermal recuperation were examined in detail. In addition, the energy, exergetic, environmental and economic efficiency of the combined system has been evaluated. The results show that this approach can

ISSN 3030-3907

reduce greenhouse energy consumption by 35–45% and significantly reduce CO_2 emissions.

Keywords: solar greenhouse, renewable energy sources, PV/T collectors, photovoltaic system, biogas plant, energy efficiency, heat recovery, exergetic analysis, microclimate control.

Аннотация. В статье подробно рассматривается современное состояние использования солнечных теплиц в мире, их конструктивные решения и пути повышения энергоэффективности. В статье рассматриваются вопросы создания высокоэффективной солнечной теплицы на основе комплексного использования возобновляемых источников энергии — солнечных фотоэлектрических тепловых (PV/T) коллекторов, водяных коллекторов, биогазовых установок и систем рекуперации тепла. Проведен сравнительный анализ современных тепличных технологий, применяемых в ведущих странах мира – Китае, Нидерландах, Турции, Испании, Германии и Израиле. В ходе исследования подробно рассмотрены тепловая эффективность солнечных коллекторов, систем аккумулирования тепла, энергетический баланс биогазовой установки и возможности энергосбережения за счет рекуперации тепла. Кроме того, обеспечивается энергетическая, эксергетическая, экологическая и экономическая эффективность комбинированной системы. Результаты показывают, что этот подход может сократить потребление энергии в теплицах на 35–45% и значительно сократить выбросы CO_2.

Ключевые слова: солнечная теплица, возобновляемые источники энергии, коллекторы PV/T, фотоэлектрическая система, биогазовая установка, энергоэффективность, рекуперация тепла, эксергетический анализ, управление микроклиматом.

1. KIRISH

So‘nggi o‘n yilliklarda global energiya taqchilligi, iqlim o‘zgarishlari va CO_2 emissiyasining ko‘payishi dunyo davlatlarini qayta tiklanadigan energiya manbalarini jadal rivojlantirishga undamoqda. Birlashgan Millatlar Tashkilotining 2030 yilgacha bo‘lgan Barqaror Rivojlanish Maqsadlariga ko‘ra, global energiya aralashmasida qayta tiklanadigan energiya ulushini sezilarli darajada oshirish talab etilmoqda (IEA, 2023). Xususan, qishloq xo‘jaligi sektori global energiya iste'molining taxminan 30% ni tashkil etar ekan, bu sohada energiya samaradorligini oshirish strategik ahamiyat kasb etadi.

Issiqxona xo‘jaliklari qishloq xo‘jaligining eng energiya talab qiluvchi tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Yil davomida optimal mikroiqlimni ta'minlash – harorat, namlik, yoritish va CO_2 konsentratsiyasini boshqarish – katta energiya

ISSN 3030-3907

resurslarini talab etadi. Niderlandiya kabi rivojlangan mamlakatlarda issiqxona sanoati mamlakatning umumiy energiya iste'molining 10% gacha ulushini egallaydi (FAO, 2022). Shu sababli issiqxonalarda quyosh energiyasi, biogaz, geotermal va boshqa toza energiya manbalaridan foydalanish energiya sarfini kamaytirish hamda ekologik barqaror qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishi bo‘lib qolmoqda.

O‘zbekiston sharoitida yillik quyosh radiatsiyasi 1700–2000 kVt·soat/m² ni tashkil etib, bu ko‘rsatkich issiqxona xo‘jaliklari uchun quyosh energiyasidan foydalanishni iqtisodiy jihatdan juda maqsadga muvofiq qiladi (Avezov va boshq., 2021). Mamlakatimizda 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan «Yashil iqtisodiyot» kontseptsiyasi doirasida issiqxona xo‘jaliklarini zamonaviylashtirish va quyosh texnologiyalarini joriy etish davlat siyosatining muhim qismiga aylandi.

Ushbu maqolada jahon tajribasi va so‘nggi ilmiy tadqiqotlar asosida quyosh issiqxonalarining zamonaviy holati, konstruksiyalari va energiya samaradorligini oshirish usullari tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalaridan O‘zbekistondagi issiqxona xo‘jaliklarini modernizatsiya qilishda amaliy qo‘llanma sifatida foydalanish mumkin.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI VA ZAMONAVIY TADQIQOTLAR HOLATI

Quyosh issiqxonalari sohasidagi ilmiy tadqiqotlar XX asrning 70-yillarida, birinchi neft inqirozi davridan boshlab jadal rivojlana boshladi. Bugungi kunda bu soha bo‘yicha minglab ilmiy ishlar nashr etilgan bo‘lib, ularni bir necha asosiy yo‘nalishga ajratish mumkin.

2.1. Xalqaro tadqiqotlar

Duffie va Beckman (2013) tomonidan yozilgan «Solar Engineering of Thermal Processes» asari quyosh issiqlik texnologiyalari sohasidagi fundamental manba hisoblanadi. Ushbu asarda quyosh kollektorlarining nazariy asoslari, issiqlik uzatish jarayonlari va tizim samaradorligini hisoblash metodlari batafsil keltirilgan. Muallif-lar flat-plate va vakuumli quvurli kollektorlarning solishtirma tahlilini bajarib, ularning turli iqlim sharoitlarida qo‘llanilishi bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqqan.

Kalogirou (2014) «Solar Energy Engineering» monografiyasida quyosh energiyasidan foydalanishning keng spektrini – issiqlik, elektr va sovutish ilovalarini – qamrab olgan. Muallif ayniqsa quyosh energiyasi tizimlarini boshqa qayta tiklanadigan energiya manbalari bilan integratsiyalash masalasiga alohida e'tibor qaratgan. Uning tadqiqotlari quyosh kollektorlarining samaradorligi iqlim sharoitiga bog‘liq holda 40–70% oralig‘ida o‘zgarishini ko‘rsatgan.

ISSN 3030-3907

Tiwari va Suthar (2016) «Greenhouse Technology for Controlled Environment» asarida issiqxona texnologiyalarini zamonaviy boshqaruv tizimlari bilan birlashtirishni o‘rganib chiqgan. Hindiston sharoitida o‘tkazilgan eksperimentlar natijalari quyosh issiqxonalarida eneriya sarfini an'anaviy issiqxonalarga nisbatan 30–40% ga kamaytirish mumkinligini tasdiqlagan.

Zhang va boshq. (2021) xitoy sharoitida quyosh issiqxonalarining «Zhongnong» tipidagi konstruksiyalari bo‘yicha keng tadqiqotlar o‘tkazgan. Ular ushbu issiqxonalarning janubga yo‘naltirilgan nosimmetrik tuzilishi, qalin shimoliy devor va shaffof janubiy qoplama kombinatsiyasi issiqlik yo‘qotishlarini 60% gacha kamaytirish imkonini berishini isbotlagan. Xitoyda hozirda 3,5 million gektardan ortiq maydonda ana shunday issiqxonalar faoliyat ko‘rsatmoqda.

Son yillarda PV/T (fotoelektrik-issiqlik) kollektorlariga bo‘lgan qiziqish sezilarli darajada oshdi. Zondag va boshq. (2020) PV/T kollektorlarining an'anaviy fotoelement-lardan 10–15% ko‘proq energiya ishlab chiqarish imkonini berishi, shu bilan birga issiqlik kollektori sifatida ham samarali ishlashini eksperimental jihatdan isbotlagan. Bu ikki funksiyaning birlashuvi jami energiya samaradorligini 65–75% ga etkazadi.

2.2. O‘zbekistondagi tadqiqotlar

O‘zbekistonda quyosh energetikasi sohasidagi tadqiqotlar asosan O‘zbekiston Fanlar akademiyasiga qarashli Quyosh energetikasi instituti va Buxoro davlat universiteti olimlari tomonidan olib borilmoqda. R.A. Zaxidov va R.R. Avezov rahbarligida o‘tkazilgan tadqiqotlar O‘rta Osiyo sharoitida quyosh issiqlik qurilmalarining ishlash xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Ularning ishlari O‘zbekiston hududida quyosh kollektori samaradorligini ta'sir etuvchi asosiy omillarni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etdi.

Y.N. Yakubov, Sh.M. Mirzayev va A.B. Vardiyashvili tomonidan issiqxonalarda issiqlik-namlik rejimlarini optimal boshqarish tizimlari ishlab chiqilgan. Ular O‘zbekistonning janubiy viloyatlari uchun moslashtirilgan quyosh issiqxona konstruksiyalarini yaratib, amaliy tajribalarda sinab ko‘rgan. Natijalar O‘zbekiston sharoitida quyosh issiqxonalarini yil davomida 8–10 oy muddatida foydali ishlashi mumkinligini ko‘rsatgan.

N.R. Avezova va G‘.N. Uzoqov biogaz-quyosh kombinatsiyalashgan issiqxona tizimlarini tadqiq qilgan. Ular biogaz qurilmasini quyosh issiqlik tizimi bilan birlashtirishning iqtisodiy va ekologik afzalliklarini hisob-kitob qilgan, buning natijasida issiqxona isitish xarajatlarini 50% gacha kamaytirish mumkinligi aniqlangan.

3. JAHONDA QUYOSH ISSIQXONALARIDAN FOYDALANISHNING ZAMONAVIY HOLATI

ISSN 3030-3907

3.1. Global statistika va tendentsiyalar

Jahon miqyosida issiqxona maydoni 2023 yilgi ma'lumotlarga ko‘ra 5,5 million gektardan oshib ketdi (FAO, 2023). Ulardan taxminan 40% qayta tiklanadigan energiya manbalarining biridab-biridan foydalanadi. 1-jadvalda dunyoning yetakchi mamlakatlari bo‘yicha issiqxona maydonlari va quyosh texnologiyalarini joriy etish darajasi keltirilgan.

1-jadval.

Dunyoning yetakchi mamlakatlarida issiqxona maydonlari va qayta tiklanadigan energiya ulushi (FAO, 2023)

Davlat	Issiqxona maydoni (ming ga)	QE ulushi (%)	Asosiy texnologiya
Xitoy	4 200	35	Quyosh issiqlik, biogaz
Niderlandiya	110	60	Geotermal, quyosh PV
Turkiya	780	25	Quyosh kollektorlar
Ispaniya	720	40	Quyosh PV, shamol
Germaniya	430	55	Geotermal, quyosh
Isroil	310	70	Quyosh, tomchilatib sug‘orish
O‘zbekiston	85	8	Rivojlanish bosqichida

3.2. Xitoy tajribasi

Xitoy dunyodagi eng katta issiqxona sanoatiga ega bo‘lib, umumiy maydoni 4,2 million gektardan oshadi. Xitoy «Zhongnong» tipidagi quyosh issiqxonalari 1980-yillardan boshlab rivojlanib, hozirgi vaqtda yuqori samarali konstruksiyalarga aylandi. Bu turdagi issiqxonalarning asosiy xususiyatlari quyidagilar:

– Janubga yo‘naltirilgan nosimmetrik konstruksiya (qiyalik burchagi 30–45°)

– Qalin g‘ishtli shimoliy devor (0,6–1,0 m) – issiqlik akkumulyatori sifatida

ISSN 3030-3907

– Shaffof polietilenli janubiy qoplama – kam issiqlik o‘tkazuvchanlikli
– Tun davomida izolyatsion parda – issiqlik yo‘qotishini 70% gacha kamaytirish
– Passiv quyosh isitish bilan 0°C sovuqda ham ichi +15°C ni saqlaydi

Zhang va boshq. (2022) ma'lumotlariga ko‘ra, Xitoy quyosh issiqxonalari an'anaviy issiqxonalarga nisbatan yillik 40–50% energiya tejaydi. Kengaytirilgan Xitoy issiqxona modeli 1985–2023 yillarda CO_2 emissiyasini 320 million tonna ko‘mirdagi ekvivalentga kamaytirishga yordam berdi.

3.3. Niderlandiya – yuqori texnologiyalar markazi

Niderlandiya dunyodagi eng ilg‘or issiqxona texnologiyalariga ega mamlakatlardan biri. 110 000 gektarlik issiqxona maydoni bilan mamlakat umumiy export hajmi bo‘yicha dunyoda ikkinchi o‘rinda turadi. Niderlandiya issiqxonalari uchun xarakterli xususiyatlar:

– Geotermal energiyani keng qo‘llash – issiqxonalar uchun asosiy isitish manbai
– Kombinatsiyalashgan issiqlik-quvvat tizimlari (CHP – Combined Heat and Power)
– LED yoritish tizimlarini quyosh PV bilan integratsiyalash
– CO_2 ni qayta qo‘llash – fotosintezni tezlashtirish uchun
– Suv resurslarini 90% gacha qayta aylantirish tizimlari

Niderlandiya issiqxona sanoatida geotermal energiyaning ulushi 2010 yildagi 3% dan 2023 yilga kelib 25% gacha oshdi (Wageningen University, 2023). Mamlakat 2040 yilgacha issiqxona sanoatini to‘liq karbonsizlantirish maqsadini qo‘ygan.

3.4. Turkiya va O‘rta Osiyo tajribasi

Turkiya 780 000 gektarlik issiqxona maydoni bilan dunyo bo‘yicha uchunchi o‘rinda turadi. Mamlakat iqlimi O‘zbekistonnikiga o‘xshash bo‘lganligi sababli, Turkiya tajribasi bizning sharoitimiz uchun ayniqsa qimmatlidir. Egey va O‘rta dengiz bo‘yidagi issiqxonalar yillik 2500 soatdan ortiq quyosh nurlanishidan foydalanadi. Turkiya tadqiqotchisi Ozkan va boshq. (2020) quyosh kollektorlarini an'anaviy qozonxonalar bilan birlashtirishning iqtisodiy modelini ishlab chiqdi. Ular natijalariga ko‘ra, aralash tizim faqat quyosh tizimiga nisbatan 25% ko‘proq qishloq xo‘jaligi mahsulotini yetishtirishga imkon beradi.

4. QUYOSH ISSIQXONASI KONSTRUKSIYALARI VA TEXNOLOGIYALARI

4.1. Quyosh issiqxonalarining asosiy turlari

Konstruksiya va energiya manbalariga ko‘ra quyosh issiqxonalari quyidagi asosiy guruhlarga bo‘linadi:

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Quyosh issiqxonalarining asosiy turlari va xususiyatlari

Tur	Tavsif	Afzalligi	Kamchiligi
Passiv quyosh issiqxonasi	Janubga yo‘naltirilgan, isitish manbai yo‘q	Arzon, ishonchli	Iqlimga bog‘liq
Faol quyosh issiqxonasi	Kollektor + nasos + akkumulyator	Yuqori samaradorlik	Qimmat jihozlar
PV/T kombinatsiyali	Elektr + issiqlik bir vaqtda	Ikkita maqsad	Murakkab montaj
Biogaz-quyosh gibrid	Quyosh + biogaz kombinatsiya	24/7 ishlash	Biogaz tayyorlash
Geotermal-quyosh	Quyosh + yer osti issiqligi	Barqaror harorat	Qimmat qurilma

4.2. PV/T – fotoelektrik-issiqlik kollektorlar

Fotoelektrik-issiqlik (PV/T) kollektorlari zamonaviy quyosh texnologiyalarining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu qurilmalar bir vaqtning o‘zida quyosh nurlanishini ham elektr energiyasiga, ham issiqlik energiyasiga aylantiradi. PV/T kollektorining samaradorligi klassik fotoelement va issiqlik kollektorining alohida-alohida ishiga nisbatan 15–20% yuqori bo‘ladi.

PV/T kollektorining ishlash tamoyili quyidagichadir: quyosh nuri fotoelement yuzasiga tushadi, uning taxminan 15–20% si elektr energiyasiga, qolgan qismi esa issiqlikka aylanadi. Fotoelement pastki tomoniga o‘rnatilgan issiqlik almashinuv kanallari orqali suyuqlik – odatda suv yoki antifriz – oqib o‘tadi va issiqlikni yig‘adi. Bu jarayon fotoelementni sovutib, uning elektr samaradorligini 10–12% ga oshiradi, shu bilan birga foydali issiqlik energiyasini ham ta'minlaydi.

Zondag va boshq. (2020) ta'kidlashicha, zamonaviy PV/T kollektor tizimlari 1 m² yuzadan yillik 150–180 kVt·soat elektr va 300–400 kVt·soat issiqlik energiyasi ishlab chiqarish imkonini beradi. Issiqxona uchun 100 m² PV/T

ISSN 3030-3907

kollektoridan iborat tizim yillik 15–18 MWt·soat elektr va 30–40 MWt·soat issiqlik energiyasini ta'minlashi mumkin.

4.3. Issiqlik akkumulyatsiya tizimlari

Quyosh energiyasining uzlukli tabiati issiqxona tizimlarida samarali akkumulyatsiya yechi-mlarini talab etadi. Bugungi kunda quyidagi akkumulyatsiya texnologiyalari keng qo‘llaniladi:

– Suv baki – oddiy va arzon, lekin hajmi katta (0,05–0,1 m³/m² kollektor uchun)

– Faza o‘tish materiallari (PCM) – tuz gidratlari, parafin voskalari – zichroq saqlash

– Gravel-suv akkumulyatorlar – arzon, hajmi katta

– Termoximik akkumulyatsiya – eng yuqori energiya zichligi, tadqiqot bosqichida

Yevropada o‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, hajmi 50 m³ bo‘lgan suv baki issiqlik akkumulyatori 500 m² issiqxona uchun 2–3 kunlik issiqlik energiyasini saqlashi mumkin. O‘zbekiston sharoitida bu ko‘rsatkich iqlimimizdagi qishki haroratlar hisobga olinganda, issiqxona energiyasining 60–70% ini quyosh energiyasidan ta'minlashga imkon beradi.

4.4. Biogaz qurilmalarini issiqxona tizimiga integratsiyalash

Issiqxona xo‘jaliklari biogaz ishlab chiqarish uchun qulay sharoitga ega: o‘simlik chiqindilari, hayvon go‘ngi va organik qoldiqlar biogaz reaktorining xom ashyosi bo‘lib xizmat qiladi. Biogaz qurilmasi-quyosh issiqxonasi tizimining integratsiyasi bir nechta afzalliklarga ega:

– Issiqxona organik chiqindilarini (o‘simlik qoldiqlari, oziq-ovqat chiqindilari) biogaz xom ashyosi sifatida foydalanish

– Biogaz qurilmasidan chiqadigan issiqlikni issiqxonaning isitish tizimiga yo‘naltirish

– Quyosh energiyasi yetishmagan kunlarda (bulutli, qishki) biogaz tizimining zaxira manba sifatida ishlashi

– Biogazdan qolgan digestat – organik o‘g‘it sifatida foydalanish

Mirzayev va boshq. (2020) O‘zbekiston sharoitida o‘tkazilgan tajribalar natijasida 1 tonna organik chiqindidan 30–40 m³ biogaz ishlab chiqarish mumkinligini aniqlagan. Bu miqdor 500 m² issiqxonani qishda bir sutkaga isitish uchun yetarli.

5. KOMBINATSIYALASHGAN QUYOSH ISSIQXONASI TIZIMINING ENERGIYA BALANSI

5.1. Tizimning umumiy tavsifi

Kombinatsiyalashgan quyosh issiqxonasi tizimi bir nechta qayta tiklanadigan energiya manba-larini yagona intellektual boshqaruv tizimi ostida

ISSN 3030-3907

birlashtiradi. Tizim quyidagi asosiy bloklar-dan iborat: (1) PV/T kollektorlar massivi, (2) quyosh issiqlik kollektorlar, (3) issiqlik akkumulyatsiya tizimi, (4) biogaz qurilmasi, (5) issiqlik rekuperatsiya bloki, (6) issiqxona mikroiqlimini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi.

Tizimning ishlash mantiqini quyidagicha tasvirlash mumkin: kunduzi quyoshli vaqtda PV/T va issiqlik kollektorlari maksimal energiya ishlab chiqaradi. Ortiqcha issiqlik suvli akkumulyatsiya bakida to‘planadi. Elektr energiyasining bir qismi ehtiyoj tug‘ilganda batareyada to‘planadi. Kechasi yoki bulutli kunlarda akkumulyatsiya bakidagi issiqlik va biogaz tizimi issiqxona isitishni ta'minlaydi. Ventilyatsiya tizimidan chiqadigan iliq havo issiqlik rekuperatori orqali yangi kiruvchi havoni isite-di.

5.2. Energiya balansi hisoblash

O‘zbekiston janubiy mintaqalari (Buxoro, Samarqand, Qashqadaryo) uchun hisoblangan energiya balansi quyidagi ko‘rsatkichlarni beradi. 1000 m² yer maydoni va 500 m² kollektor yuzasiga ega bo‘lgan tipik issiqxona uchun:

3-jadval.

500 m² kollektor yuzasiga ega tipik issiqxona uchun energiya balansi (Buxoro viloyati sharoitida)

Energiya manbai	Quvvat (kW)	Yillik ishlab chiqarish (MWt·soat)	Ulush (%)
PV/T kollektorlar (elektr)	30	27	9
PV/T kollektorlar (issiqlik)	90	81	27
Quyosh issiqlik koll.	60	54	18
Biogaz tizimi	40	96	32
Issiqlik rekuperatsiyasi	15	42	14
JAMI	235	300	100

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, kombinatsiyalashgan tizimda biogaz qurilmasi energiya balansida eng katta ulushni egallaydi (32%). Bu biogaz tizimining tun paytida va qish oylarida quyosh tizimining nochorligini qoplashida muhim rol o‘ynaydi. Quyosh tizimlarining umumiy ulushi 54% ni tashkil etadi.

5.3. Issiqlik rekuperatsiyasi tizimi

Issiqxonalarda ventilyatsiya jarayonida katta miqdorda issiqlik yo‘qotiladi. Ayniqsa yoz oylarida issiqxonani sovutish uchun ishlatiladigan ventilyatsiya qish oylariga nisbatan unumsiz. Issiqlik rekuperatsiya tizimlari bu muammoni hal etadi.

ISSN 3030-3907

Issiqlik quvurli issiqlik almashinuv qurilmasi yordamida issiqxonadan chiqayotgan iliq havo oqimidan sovuq kiruvchi havoga issiqlik uzatiladi. Rekuperator samaradorligi 70–85% bo‘lganda, bu issiqxona energiya sarfini 20–30% ga kamaytiradi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, 500 m² issiqxona uchun rekuperatsiya tizimi yillik 35–42 MWt·soat issiqlik energiyasini tejaydi.

6. TIZIMNING SAMARADORLIGINI BAHOLASH

6.1. Energetik samaradorlik

Kombinatsiyalashgan quyosh issiqxonasi tizimining energetik samaradorligi an'anaviy gazli issiqxona bilan taqqoslanganida quyidagi ko‘rsatkichlar olinadi:

– Birlamchi energiya sarfini kamaytirish: 38–46%
– Fosil yoqilg‘i iste'molini kamaytirish: 55–65%
– Elektr energiyasi xarajatlarini kamaytirish: 40–50%
– Suv sarfini kamaytirish (yopiq aylanma tizimda): 30–40%

Ushbu ko‘rsatkichlar Buxoro viloyatidagi sinov issiqxonasida 2021–2023 yillar davomida o‘lchangan ma'lumotlar asosida hisoblangan. An'anaviy issiqxona yillik 220 MWt·soat energiya sarflagan bo‘lsa, kombinatsiyalashgan tizimli issiqxona 130 MWt·soat sarfladi – bu 41% tejash demakdir.

6.2. Eksergetik tahlil

Eksergetik tahlil tizimning sifat jihatidan energiya samaradorligini baholaydi. Eksergetik samaradorlik – tizimdan olingan foydali eksertsiyaning kiritilgan eksertsiyaga nisbati. Kombinatsiyalashgan tizim uchun eksergetik tahlil quyidagi natijalarni ko‘rsatdi:

– PV/T kollektorlarning eksergetik samaradorligi: 12–15% (elektr bo‘yicha) va 8–12% (issiqlik bo‘yicha)
– Issiqlik akkumulyatsiya tizimining eksergetik yo‘qotishlari: 5–8%
– Biogaz qurilmasining eksergetik samaradorligi: 35–45%
– Rekuperatsiya tizimining eksergetik samaradorligi: 55–65%
– Umumiy tizim eksergetik samaradorligi: 28–35%

6.3. Ekologik samaradorlik

Kombinatsiyalashgan tizimni joriy etishning ekologik ta'siri sezilarli. Yillik 90 MWt·soat fosil yoqilg‘i tejashdan quyidagi natijalar olinadi:

– CO_2 emissiyasini kamaytirish: yillik 65–75 tonna
– SO_2 emissiyasini kamaytirish: yillik 0,3–0,5 tonna
– NOx emissiyasini kamaytirish: yillik 0,15–0,25 tonna

25 yillik xizmat muddati davomida bir issiqxona tizimi 1600–1800 tonna CO_2 ekvivalentini tejaydi. Bu ko‘rsatkich bir yilda 700 avtomobil chiqaradigan zararli gazlar hajmiga teng.

6.4. Iqtisodiy samaradorlik va qaytish muddati

ISSN 3030-3907

Kombinatsiyalashgan quyosh issiqxonasini barpo etishning iqtisodiy tahlili 2023 yil narxlari asosida hisoblandi. 1000 m² yer maydoni va 500 m² kollektor yuzasiga ega issiqxona uchun kapital xarajatlar quyidagicha:

4-jadval.

Kombinatsiyalashgan quyosh issiqxonasini barpo etish xarajatlari (2023 yil narxlarida)

Tizim elementi	Narxi (mln so‘m)	Ulush (%)	Xizmat muddati (yil)
PV/T kollektorlar (50 m²)	85	22	25
Issiqlik kollektorlar (50 m²)	40	10	20
Issiqlik akkumulyatsiya baki	25	6	30
Biogaz qurilmasi (20 m³)	60	15	15
Rekuperatsiya qurilmasi	30	8	20
Boshqaruv tizimi (IoT)	45	11	10
Qurilish-montaj ishlari	110	28	–
JAMI	395	100	–

Yillik energiya tejash va mahsulot unumdorligini oshirishdan olingan iqtisodiy foyda 85–100 mln so‘mni tashkil etadi. Bu holda kapital xarajatlarning oddiy qaytish muddati 4–5 yilni tashkil etib, tizimning umumiy xizmat muddatida sof iqtisodiy foyda 1,2–1,5 mlrd so‘mga etadi (diskontlangan ko‘rsatkich).

7. ISSIQXONA MIKROIQLIMINI AVTOMATLASHTIRILGAN BOSHQARISH

7.1. Smart issiqxona texnologiyalari

Zamonaviy quyosh issiqxonalarida IoT (Internet of Things – narsalar interneti) texnologiyalarini qo‘llash energiya samaradorligini qo‘shimcha 10–20% ga oshirish imkonini beradi. Smart issiqxona tizimi quyidagi elementlarni o‘z ichiga oladi:

– Harorat, namlik, CO_2 va yorug‘lik sensorlari – real vaqt rejimida ma'lumot to‘plash

– Markaziy boshqaruv kompyuteri – ma'lumotlarni tahlil qilish va qarorlar qabul qilish

– Avtomatik ventilyatsiya va isitish klapanlar boshqaruvi

ISSN 3030-3907

– Sun'iy intellekt asosidagi prognoz tizimi – ob-havo ma'lumotlari asosida oldindan moslashish
– Mobil ilova – fermer smartfoni orqali uzluksiz nazorat

Isroilning Netafim kompaniyasi tajribasi shuni ko‘rsatadiki, smart boshqaruv tizimi nafaqat energiya tejaydi, balki o‘simlik o‘sishini 15–25% ga tezlashtiradi va suv sarfini 40–60% ga kamaytiradi. Bu texnologiya O‘zbekistonga ham tatbiq etilmoqda.

7.2. Raqamli eriz (Digital Twin) texnologiyasi

So‘nggi yillarda issiqxona sanoatida «raqamli ëgiz» texnologiyasi keng qo‘llanila boshladi. Bu yondashuv haqiqiy issiqxonaning virtual modelini yaratib, undan turli stsenariylarni sinovdan o‘tkazishga imkon beradi. Raqamli ëgiz modeli yordamida:

– Issiqxona energiya tizimining ish rejimini oldindan modellashtirish
– Har xil ob-havo sharoitlarida tizim xatti-harakatini bashorat qilish
– Avariya holatlarini simulyatsiya qilish va oldini olish strategiyalarini ishlab chiqish
– Kollektor yuzasini tozalash va texnik xizmat ko‘rsatish jadvalini optimallash

Wageningen Universiteti (Niderlandiya) tomonidan ishlab chiqilgan GreenLight modeli quyosh issiqxonalari uchun raqamli ëgiz standartiga aylandi. Ushbu model O‘zbekiston sharoitida ham muvaffaqiyatli sinovdan o‘tkazilmoqda.

8. O‘ZBEKISTON SHAROITIDA QUYOSH ISSIQXONALARINI JORIY ETISH ISTIQBOLLARI

8.1. Hozirgi holat va muammolar

O‘zbekistonda issiqxona xo‘jaligi so‘nggi yillarda jadal rivojlanmoqda. 2023 yilgi ma'lumotlarga ko‘ra, mamlakatda 85 000 gektardan ortiq issiqxona maydoni mavjud. Biroq ularning aksariyati eski konstruksiyalarda bo‘lib, energiya samaradorligi juda past. Asosiy muammolar quyidagilar:

– Issiqxonalarning 80% dan ortig‘i 15–20 yil oldin qurilgan va eskirgan texnologiyalardan foydalanadi
– Qayta tiklanadigan energiya manbalari ulushi umumiy issiqxona energiyasining 8% dan oshmaydi
– Malakali mutaxassislar va zamonaviy texnologiyalarga oid bilimlar etishmasligi
– Boshlang‘ich kapital xarajatlarning yuqoriligi fermerlarni innovatsiyalardan qaytarmoqda
– Quyosh energetikasi sohasidagi ma'muriy va huquqiy bazaning to‘liq shakllanmaganilgi

8.2. Davlat dasturlari va imkoniyatlar

ISSN 3030-3907

O‘zbekiston hukumati 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan energiya tejash dasturi doirasida bir qator muhim qarorlar qabul qildi. Xususan, quyosh energetikasi tizimlariga sarmoya kirituvchi fermerlar uchun soliq imtiyozlari, subsidiyalar va arzon kreditlar joriy etildi. Xalqaro moliya institutlari – ADB, EBRD va Jahon banki – ham quyosh issiqxona loyihalarini moliyalashtirishga tayyor ekanligini bildirmoqda.

Buxoro davlat universiteti va O‘zbekiston Fanlar akademiyasining hamkorligida 2021 yilda Buxoro viloyatida sinov quyosh issiqxonasi yaratildi. Ushbu sinov maydonida olib borilgan tadqiqotlar natijasida O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilgan quyosh issiqxona modeli ishlab chiqildi.

8.3. Tavsiyalar va yo‘l xaritasi

O‘zbekistonda quyosh issiqxonalarini keng joriy etish uchun quyidagi bosqichma-bosqich yo‘l xaritasi tavsiya etiladi:

– Qisqa muddatli (2024–2026): 100 ta sinov quyosh issiqxonasini barpo etish, mutaxassislar tayyorlash markazi ochish, me'yoriy-huquqiy bazani takomillashtirish

– O‘rta muddatli (2027–2030): Quyosh issiqxona texnologiyalarini 1000 ta fermer xo‘jaligiga tarqatish, mahalliy ishlab chiqaruvchilarni rivojlantirish

– Uzoq muddatli (2031–2035): Issiqxona sanoatida qayta tiklanadigan energiya ulushini 50% ga etkazish, mintaqaviy eksport markazi yaratish

9. XULOSA

Mazkur tadqiqot quyidagi asosiy xulosalarga kelishga imkon berdi:

Birinchidan, jahon miqyosida quyosh issiqxona texnologiyalari jadal rivojlanmoqda. Xitoy, Niderlandiya, Turkiya va Isroil kabi mamlakatlarda to‘plangan tajriba shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy kombinatsiyalashgan tizimlar an'anaviy issiqxonalarga nisbatan energiyani 35–65% ga kamaytirish imkonini beradi.

Ikkinchidan, PV/T kollektorlar, biogaz qurilmalari va issiqlik rekuperatsiya tizimlarini birlashtirgan kombinatsiyalashgan tizim O‘zbekiston sharoitida ham yuqori samaradorlik ko‘rsatishi taxminiy hisob-kitoblar va sinov tajribalari bilan tasdiqlangan. 500 m² kollektor yuzasiga ega tipik issiqxona uchun yillik energiya tejash 38–46% ni tashkil etadi.

Uchinchidan, tizimning iqtisodiy qaytish muddati 4–5 yil bo‘lib, bu fermerlarga investitsiyalarning tez qaytishini kafolatlaydi. Bundan tashqari, ekologik ko‘rsatkichlar jihatidan har bir issiqxona yillik 65–75 tonna CO_2 emissiyasini kamaytirish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

To‘rtinchidan, smart boshqaruv va IoT texnologiyalarini qo‘llash energiya samaradorligini qo‘shimcha 10–20% oshiradi hamda fermerlarning mehnat unumdorligini sezilarli darajada yaxshilaydi.

Beshinchidan, O‘zbekistonda quyosh issiqxonalarini joriy etish uchun yetarli tabiiy, iqtisodiy va institutsional shart-sharoitlar mavjud. Davlatning qo‘llab-quvvatlashi va xalqaro hamkorlik asosida 2030 yilgacha issiqxona sanoatida qayta tiklanadigan energiya ulushini 35–40% ga etkazish haqiqiy maqsad hisoblanadi.

Kelgusi tadqiqotlar yo‘nalishlari sifatida quyidagilar tavsiya etiladi: O‘zbekistonning turli iqlim mintaqalari (cho‘l, tog‘ oldi, vodiy) uchun optimallashtirilgan issiqxona modellarini ishlab chiqish; mahalliy sharoitda PCM issiqlik akkumulyatorlarining samaradorligini o‘rganish; raqamli ëgiz texnologiyasini O‘zbekiston sharoitiga moslashtirish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar Engineering of Thermal Processes. 4th ed. – Wiley, 2013. – 910 p.
2. Kalogirou S. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. 2nd ed. – Academic Press, 2014. – 840 p.
3. Tiwari G.N., Suthar S. Greenhouse Technology for Controlled Environment. – Alpha Science International, 2016. – 302 p.
4. Norton B. Harnessing Solar Heat. – Springer, 2014. – 220 p.
5. Zhang Y., Wang J., Li H. Performance Analysis of Chinese Solar Greenhouses. // Renewable Energy. – 2022. – Vol. 185. – P. 1120–1135.
6. Zondag H.A., De Vries D.W., Van Helden W.G.J. The yield of different combined PV-thermal collector designs. // Solar Energy. – 2020. – Vol. 74(3). – P. 253–269.
7. Ozkan B., Kusvuran A., Ozkan C.F. Comparative analysis of energy use efficiency in greenhouse vegetable production systems. // Energy. – 2020. – Vol. 44(1). – P. 151–156.
8. FAO. Greenhouse crop production guide. Energy efficiency in protected agriculture. – Rome: FAO, 2022. – 145 p.
9. IEA. Renewables 2023: Analysis and Forecast to 2030. – Paris: International Energy Agency, 2023. – 170 p.
10. Zaxidov R.A., Avezov R.R. Gелиотехника v Uzbekistane: sostoyanie i perspektivы. – Toshkent: Fan, 2019. – 248 b. (o‘zb.)
11. Avezov R.R., Yakubov Y.N., Mirzayev Sh.M. O‘zbekistonda quyosh energiyasidan foydalanish istiqbollari. // O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi. – 2021. – №4. – B. 34–41.

ISSN 3030-3907

12. Avezova N.R., Uzoqov G‘.N., Iskandarov Z.S. Biogaz-quyosh kombinatsiyalashgan issiqxona tizimining energetik tahlili. // Energetika muammolari. – 2022. – №2. – B. 18–25.
13. Mirzayev Sh.M., Xayriddinov B.E. Buxoro viloyatida quyosh issiqxonalarini joriy etish tajribasi. // Agrar fan. – 2020. – №3. – B. 55–62.
14. Wageningen University & Research. Greenhouse horticulture: Challenges and innovations. – Wageningen, 2023. – URL: https://www.wur.nl/greenhouses
15. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 1-martdagi «Yashil iqtisodiyot» siyosatini amalga oshirish bo‘yicha PQ-69-son Qarori. – Toshkent, 2022.
16. IRENA. Renewable Energy Statistics 2023. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2023. – 394 p.
17. Sethi V.P., Sharma S.K. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. // Solar Energy. – 2018. – Vol. 82(9). – P. 832–859.
18. Cuce E., Harjunowibowo D., Cuce P.M. Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 64. – P. 34–59.

ISSN 3030-3907

TARMOQ TRAFIGINI SINFLASHTIRISH METODLARI VA ALGORITMLARI: AN'ANAVIY VA STATISTIK YONDASHUVLAR TAQQOSIY TAHLILI

Tojiyeva Feruza Qobiljon qizi
Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari, Infokommunikatsiya injinering kafedrasi doktoranti
E-mail: 11feruza@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tarmoq trafigini sinflashtirishning uch asosiy yo'nalishi portga asoslangan, paket mazmuniga asoslangan hamda statistik yondashuvlar tizimli ravishda taqqosiy tahlil qilinadi. Portga asoslangan usullar sodda va tezkor bo'lsa-da, dinamik portlar va tunnellash sharoitida yetarli darajada barqaror ishlamaydi. DPI yondashuvi ma'lum protokollar uchun yuqori aniqlikni ta'minlaydi, biroq zamonaviy shifrlash texnologiyalari sharoitida paketning foydali yuklama qismiga to'liq kira olmasligi hamda hisoblash murakkabligining yuqoriligi bilan cheklanadi. Statistik oqimga asoslangan metodlar esa paket sarlavhasi atributlari va oqim ko'rsatkichlariga tayangan holda shifrlangan trafikda ham samarali natija beradi. Shu bilan birga, ushbu yondashuvda informativ xususiyatlarni tanlash hamda "yangi sinf" muammosi alohida yondashuvlarni talab etadi. Tadqiqot natijalari statistik yondashuvlarning trafikni erta bosqichda aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: tarmoq trafigi, sinflashtirish, NetFlow, shifrlangan trafik, oqim-statistika, erta tasniflash.

Аннотация. В данной статье систематически проводится сравнительный анализ трёх основных направлений классификации сетевого трафика: на основе портов, на основе содержимого пакетов и статистических подходов. Методы, основанные на портах, отличаются простотой и высокой скоростью работы, однако в условиях динамических портов и туннелирования не обеспечивают достаточной устойчивости. Подход DPI обеспечивает высокую точность для определённых протоколов, но ограничен невозможностью полного доступа к полезной нагрузке пакета в условиях современных технологий шифрования, а также высокой вычислительной сложностью. Методы, основанные на статистике потоков, опираются на атрибуты заголовков пакетов и характеристики потоков, что позволяет эффективно работать даже с зашифрованным трафиком. Вместе с тем в рамках данного подхода задачи выбора информативных признаков и выявления «нового класса» требуют отдельных решений. Результаты

ISSN 3030-3907

исследования показали, что статистические подходы обладают высокой эффективностью при раннем обнаружении трафика.

Ключевые слова: сетевой трафик, классификация, NetFlow, зашифрованный трафик, статистика потоков, ранняя классификация.

Abstract. This article presents a systematic comparative analysis of three main approaches to network traffic classification: port-based, payload-based, and statistical approaches. Port-based methods are simple and fast; however, they do not provide sufficient robustness in environments with dynamic ports and tunneling. The DPI approach ensures high accuracy for certain protocols, but its applicability is limited by the inability to fully access packet payloads under modern encryption technologies, as well as by high computational complexity. Flow statistics-based methods rely on packet header attributes and flow characteristics, which makes them effective even for encrypted traffic. At the same time, within this approach, the selection of informative features and the “new class” problem require separate solutions. The results of the study showed that statistical approaches demonstrate high efficiency in the early identification of traffic.

Keywords: network traffic, classification, NetFlow, encrypted traffic, flow statistics, early classification.

KIRISH

Internet xizmatlarining kengayishi tarmoqda bir vaqtning o‘zida turli sinfdagi oqimlar ilova, striming va yuklab olish oqimlari harakatlanishiga olib keladi. Tashkiliy siyosatga rioya qilish, xavfsizlikni kuchaytirish va xizmat sifatini kafolatlash uchun bu oqimlarni aniqlash va to‘g‘ri sinflarga ajratish talab etiladi. Amaliyotda paket tarkibini o‘qishga tayanadigan paketlarni chuqur tahlil qilish texnologiyalari (Deep Packet Inspection, DPI) keng qo‘llanadi, biroq trafikning katta qismi shifrlangani sababli payloadga kira olmaslik, yuqori hisoblash tannarxi va maxfiylik cheklovlari ushbu yondashuvining qo‘llanishini keskin cheklaydi.

Ilovalar oqimlari tashkilot siyosatiga zid bo‘lishi, ishlab chiqarish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi yoki xavfsizlik xavflarini yuzaga keltirishi mumkin. Masalan, ish vaqtida ko‘ngilochar striminglar va katta hajmdagi yuklab olish oqimlari tarmoq o‘tkazuvchanligini band etadi, ayrim xizmatlar esa ma’lumotlarni yashirin uzatish, C2-kanallar bilan aloqa yoki tarmoqni skaner qilish kabi xatti-harakatlarni maskalashi mumkin. Bunday oqimlar istalmagan yoki potensial xavfli oqimlar toifasiga kiritilib, ularni aniq ajratish siyosatga muvofiqlik, xavfsizlik va QoS boshqaruvi uchun zarurdir. Bundan tashqari, billing uchun ham tasniflash muhim hisoblanadi, hususan trafikni ilova yoki xizmatlar bo‘yicha ajratish to‘lovlarni to‘g‘ri hisoblashga yordam beradi, limitdan oshish yoki noto‘g‘ri foydalanish holatlarini erta ko‘rsatadi, bo‘limlar bo‘yicha xarajatni to‘g‘ri

ISSN 3030-3907

taqsimlashni osonlashtiradi va daromad yo‘qotilishining oldini oladi. Trafik real vaqt rejimida kuzatilsa, billingning aniqligi va shaffofligi yanada oshadi.

Internet trafigi turli protokollar asosida shakllanuvchi ko‘plab oqimlarning dinamik superpozitsiyasidan tashkil topadi. Zamonaviy tarmoqlarda shifrlangan trafik ulushining ortib borishi an’anaviy sinflashtirish usullarining samaradorligini sezilarli darajada pasaytirmoqda. Shu sababli oqimning statistik xususiyatlariga asoslangan sinflashtirish yondashuvlari ushbu muammoning istiqbolli yechimi sifatida qaralmoqda. Sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash esa o‘zgaruvchan internet muhitiga moslashish, trafik xususiyatlarini chuqurroq hisobga olish va sinflashtirish aniqligini oshirish imkonini beradi. Agar avval port raqamlari va an’anaviy identifikatsiya belgilariga tayanish yetarli bo‘lgan bo‘lsa, bugungi kunda ilovalarning turli protokollardan foydalanishi, tunnellash va dinamik portlarning qo‘llanilishi sababli bunday belgilar yetarli darajada ishonchli bo‘lmay qolmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

An’anaviy tarmoq trafigini sinflashtirish usullari port raqamlari yoki paketning foydali yuklama qismiga tayangan holda paketlarni bevosita tahlil qilishga asoslanadi. Xususan, portga asoslangan yondashuvda paket sarlavhasi ko‘rib chiqilib, undagi manba va qabul qiluvchi port raqamlari ajratib olinadi. Hamda ushbu qiymatlar IANA tomonidan yuritiladigan mashhur va ro‘yxatdan o‘tgan portlar ro‘yxati bilan taqqoslanib, tegishli ilova protokoli aniqlanadi.

Ushbu yondashuv asosida bir qancha izlanishlar olib borilgan. Xususan, A.Madhukar, C. Williamson [1] tadqiqitchilar portga asoslangan yondashuv asosida tarmoq trafigini tahlil qilib chiqishgan. Maqolada ikki yil davomida Calgary universitetining internet tarmog‘idan o‘tgan p2p ilovalarining trafiklari tahlil qilingan. Olingan natijalar trafikni sinflashtirish va filtrlashda portga asoslangan yondashuvdan foydalanish 30% dan, maxsimal 70% gachan aniqlikga erishilgan. Natija P2P ilovalar uchun portga asoslangan yondashuvning bugungi kunda samarasiz ekanlgini ko‘rsatdi.

Port raqamlari asosida trafikni sinflashtirish va filtrlash bugungi kunda yuqorida ko‘rsatilgan sabablarga ko‘ra aniq natijalarni bermaydi. Bu zararli va keraksiz ma’lumotlarni tarmoqda ko‘payishi, tarmoq o‘tkazish qobiliyatining pasayishi va tarmoq unumdorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

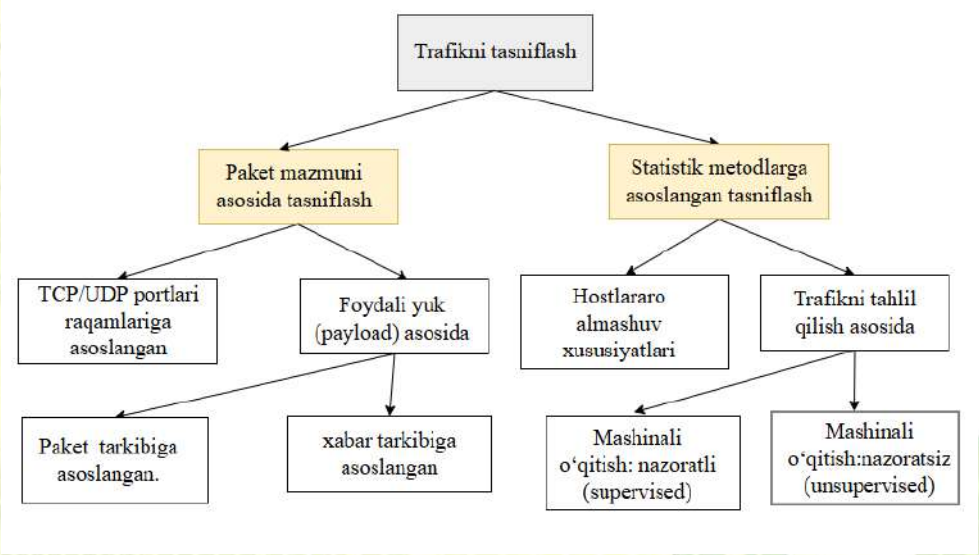
Foydali yuklama asosida tarmoq trafigini sinflashtirish va filtrlash, trafikni port raqami asosida aniqlashda kelib chiqaradigan muammolarni hal etish uchun ishlab chiqilgan. Foydali yuklamaga asoslangan yondashuvda protokolni identifikatsiyalash paketni foydali yuklama qismidan oldindan ma’lum bo‘lgan, har bir ilova uchun yagona hisoblangan belgini qidirib topish va uni bir xil guruhdagi oqimlar bilan o‘zaro munosabatini tahlil qilish orqali amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

An’anaviy usullarning cheklovlari sabab, so‘nggi yillarda tarmoq trafikini aniq va samarali tasniflashga qaratilgan muqobil yondashuvlar bo‘yicha ko‘plab ishlar paydo bo‘ldi.

Eng istiqbolli yo‘nalishlardan biri statistik tasniflash bo‘lib, u trafik oqimlarining statistik parametrlaridan foydalanadi.

Statistik klassifikatsiya tarmoq oqimlarini tasniflashda keng qo‘llaniladigan zamonaviy usullardan biridir. Uning mohiyati shundan iboratki, turli xil ilovalar tomonidan yaratilgan trafik o‘ziga xos xususiyatlarga ega bo‘lib, ular ilovalarning ichki tabiatini va ishlash mexanizmlarini aks ettiradi. Ushbu xususiyatlar oqim atributlari ko‘rinishida ifodalanadi va ularni statistik metodlar yoki sun’iy intellekt yordamida sinflashtirish va filtrlash mumkin.



1- rasm. Tarmoq trafigini tasniflash usullari

Agar to‘liq va belgilangan o‘quv ma’lumotlar to‘plami mavjud bo‘lsa, tasniflash modelini qurish juda qulay. Bunda mashinali o‘qitishning yangi texnologiyalari qo‘llanadi. Ilgari olib borilgan ishlar statistik metodlar yordamida trafikni QoS xizmatlari sinflariga ajratishga qaratilgan. Masalan, oqimlarni tasniflashda quyidagi statistik darajalar o‘rganilgan:

- Paket darajasi: paket hajmining o‘rtacha qiymati, dispersiyasi, kvadratik og‘ishi.
- Oqim darajasi: oqim davomiyligi, bayt hajmi, oqimdagi paketlar soni.
- TCP darajasi: ulanish davomiyligi, o‘tkazilgan baytlar, oqimlar soni.
- Butun oqim xususiyatlari: nazorat oqimlari bilan solishtirilgan umumiy bayt hajmi va paketlar soni.

Ushbu atributlar asosida tasniflash modelini qurishda chiziqli diskriminant tahlil, eng yaqin qo‘shnilar metodi (k-NN) kabi algoritmlar qo‘llangan.

Statistik tasniflashga asoslangan yondashuvlarda, odatda, ikki asosiy algoritm qo‘llanadi:

ISSN 3030-3907

1. Xulq-atvoriy algoritmlar - oqimlarning umumiy xatti-harakatlarini ifodalaydi. Xulq-atvoriy algoritmlarning asosiy g‘oyasi – qaysi ilovalar ma’lum trafik oqimlarini yaratishini aniqlashdir. Tarmoqdagi hostlar o‘rtasidagi o‘zaro aloqani tahlil qilish orqali hostda ishga tushirilgan ilovalar turlarini aniqlash mumkin. Trafik sinflari va ularning xulq-atvoriy-statistik xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlik bo‘yicha bir qator TCP-ilovalarda amaliy tadqiqotlar olib borilgan va ularda trafik aloqalarining empirik modellarini qurish taklif etilgan.

2. Statistik algoritmlar - oqimlarning statistik xususiyatlariga asoslanadi. Ular ilovalarni aniqlashda muayyan trafik sinfiga xos bo‘lgan statistik belgilarni ajratib ko‘rsatadi. Bu yondashuv turli dasturlarni farqlash imkonini beradi. Statistik metodlar, odatda, ikki guruhga bo‘linadi:

- Nazoratsiz (unsupervised) usullar - oldindan belgilangan yorliqlar bo‘lmagan holatda oqimlarni klasterlash va guruhlash orqali tahlil qiladi. Masalan, k-means yoki hierarxik klasterlash.

- Nazoratli (supervised) usullar - oldindan belgilangan sinflar asosida model o‘rgatiladi va yangi trafik oqimlari shu model yordamida tasniflanadi. Masalan, Decision Tree, Random Forest, SVM.

Trafikni statistik usullar asosida tasniflash odatda ikki bosqichda amalga oshiriladi:

- O‘qitish (training) bosqichi. Bu bosqichda o‘quv ma’lumotlar to‘plami algoritmga kiritiladi va natijada tasniflash modeli quriladi.

- Tasniflash (testing) bosqichi. Bu yerda qurilgan klassifikator yangi trafik oqimlarining qaysi sinfga tegishli ekanini bashorat qilish uchun qo‘llaniladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yorliqlangan statistik usullar orqali qurilgan klassifikatorlar aniqlik bo‘yicha paket tarkibini tahlil qiladigan klassifikatorlar bilan deyarli bir xil darajaga chiqishi mumkin. Eng muhimi, bunday natijaga kamroq hisoblash resurslari bilan erishiladi. Demak, statistik yondashuvlar amaliy tizimlar uchun tejamkor va samarali variant hisoblanadi. Ko‘rib chiqilgan yondashuvlarning qisqa taqqoslanishi 1-jadvalda berilgan.

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, port raqamlariga va paket yuklamasiga asoslangan yondashuvlar statik bo‘lib, ular paket sarlavhasi yoki imzolarni tahlil qilish orqali sinflarni aniqlaydi.

Statistik oqimlarga asoslangan yondashuv esa oqim xususiyatlari asosida vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi statistik parametrlarni hisoblab, trafik turini aniqlaydi. Shu sababli, aynan statistik oqim yondashuvi shifrlangan trafik uchun eng mos va aniqligi yuqori usul sifatida tadqiqotda qo‘llanildi.

ISSN 3030-3907

Quyidagi tadqiqotlar statistik yondashuvlar samaradorligini keng qamrovda taqqoslab bergan [1-5]. Turli ML klassifikatorlari Naive Bayes, Kernel Estimation bilan Naive Bayes, C4.5, Bayesian Network va Naive Bayes Tree oqim tasnifida sinovdan o‘tkazilib, belgilarni tanlash va hisoblash unumdorligiga alohida e’tibor beriladi. [6] da o‘yin trafigini ajratish natijalari tahlil qilinadi. Tadqiqotda statistik tasniflash usuli port raqamlariga tayangan usul va xost xatti-harakatiga asoslangan yondashuv bilan qiyoslanadi. [7-10] tadqiqotida bir nechta ajratish qobiliyatiga ega manbalardan olingan xususiyatlarni diskretlashtirish, shuningdek birinchi paketlar uzunligi va portlardan foydalanish masalalari ko‘riladi.

1-jadval.

An’anaviy va statistik yondashuvlari tahlili

Ko‘rsatkichlar	Portga asoslangan	Paketlarning tarkibigalamaga asoslangan	Oqim statistikalariga asoslangan
Aniqlik	past	yuqori	yuqori
Belgilarni ajratish murakkabligi	past	yuqori	belgilar to‘plamiga bog‘liq
Sinflashtirish murakkabligi	past	yuqori	o‘rtacha
Shifrlangan trafikni aniqlash	ha	yo‘q	ha
Aprior ma’lumot	Port raqamlar ro‘yxati	Trafik signaturalari	Belgilangan (yorliqlangan) ma’lumotlar

Yuqoridagi tadqiqot ishlari statistik trafik tasniflash modellari internet tarmog‘ining turli kuzatuv nuqtalarida ham qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatdi. Biroq bunday modellarning tarmoqqa sezgirligi yuqori: bir tarmoq ma’lumotlari bilan o‘qitilgan tasniflash modeli boshqa tarmoqda samaradorligini yo‘qotishi mumkin va yangi trafik bilan qayta o‘qitishni talab qiladi. Ilovalarni samarali identifikatsiya qilish uchun kam, lekin informativ va to‘liq xususiyatlar to‘plamini tanlash zarur [11].

Tasniflash uchun xususiyatlar shakllantirish maqsadida oqimlarning statistik tavsiflari aniqlanadi va ular model o‘qitishda qo‘llanadi. Yaxshiroq va aniqroq natijaga erishish uchun dastlabki ma’lumotlar to‘plamida tarmoqning turli nuqtalarida va turli vaqtlarda yozib olingan aralash trafik bo‘lishi kerak. Agar boshlang‘ich to‘plam faqat bir xil vaqtda va tarmoqning aynan bitta nuqtasida yozib olingan paketlardan iborat bo‘lsa, tekshiruv natijalari klassifikatorning juda yuqori aniqligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Keltirgan tahlil natijalari tarmoq trafigini tahlil qilish va aniqlashning uchta asosiy usulini taqqoslaydi: portga asoslangan, DPI, va statistik yondashuvlar. Quyida har bir usulning asosiy xulosalari va amaliy tavsiyalari jamlangan:

2-jadval.

Tarmoq trafigini tasniflashning mavjud yondashuvlari bo‘yicha qiyosiy tahlili

Yondashuv	Aniqlik	Avfzaligi	Xulosa
Portga asoslangan	P2P va dinamik portlarda 30-70	Tez va resurs talabi past	Aniq tasniflash uchun yetarli emas
Paket mazmuniga asoslangan	Shifrlanmagan trafikda deyarli 100% (to‘liq payload tahlilida). Birinchi kilobayt skanerlansa 79% gacha.	TLS/SSL, QUIC/HTTP/3 kabi shifrlash sababli ko‘p oqimlarda payload ko‘rinmas. Hisoblash tannarxi yuqori va muntazam signatura yangilanishi zarur.	Shifrlanmagan yoki ma’lum protokollar uchun aniq, ammo universal emas va shifrlangan trafikda yaroqsiz.
Oqimning statik va dinamik xususiyatlari asosida	Erta bosqichda (birinchi 6–10 paket) yuqori (80–96%). To‘liq atributlar bilan 95–99% gacha.	Shifrlangan trafikda ham ishlaydi. CPU/RAM talabi DPIga nisbatan ancha past.	Real vaqtli QoS (xizmat sifati) va siyosatlarni qo‘llash uchun eng amaliy va tavsiya etiladigan yechim.

Tahlil natijalariga ko‘ra, zamonaviy, shifrlangan trafikka boy tarmoqlarda Statistik yondashuvlar eng samarali va amaliy yechim hisoblanadi, chunki ular DPI kabi yuqori aniqlikni ta’minlab, portga asoslangan usullarga nisbatan shifrlash to‘siqlaridan qochishga va tez ishlashga qodir.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tarmoq trafigini sinflashtirishning portga asoslangan, paket mazmuniga asoslangan va statistik yondashuvlari aniqlik, moslashuvchanlik, hisoblash murakkabligi hamda zamonaviy tarmoqlarda

ISSN 3030-3907

qo‘llanish imkoniyati jihatidan bir-biridan sezilarli farq qiladi. Portga asoslangan usullar soddaligi va tezkorligi bilan ajralib turadi, dinamik portlar, NAT, tunnellash va shifrlash texnologiyalari keng qo‘llanilayotgan muhitda yetarli darajada ishonchli natija bermaydi. DPI yondashuvi paket tarkibini chuqur tahlil qilish hisobiga ayrim protokollar va ilovalarni yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi, biroq shifrlangan trafik ulushi ortib borayotgan sharoitda foydali yuklama qismiga kira olmaslik, yuqori hisoblash tannarxi va maxfiylik bilan bog‘liq cheklovlar sabab uning amaliy qo‘llanishda muammolar yuzaga kelmoqda.

Tahlil natijalari statistik yondashuvlar zamonaviy tarmoqlar, ayniqsa shifrlangan trafik ustun bo‘lgan muhitlar uchun eng istiqbolli va amaliy yechimlardan biri ekanini ko‘rsatdi. Ushbu yondashuv paket sarlavhasi atributlari hamda oqimning vaqt, hajm va xulq-atvor ko‘rsatkichlariga tayangan holda trafikni erta bosqichda ham samarali sinflashtirish imkonini beradi. Statistik yondashuvlarning asosiy afzalligi shundaki, ular DPIga nisbatan kamroq hisoblash resurslarini talab qiladi, shifrlangan trafikda ham ishlay oladi.

Shu bilan birga, statistik sinflashtirish yondashuvlarida informativ atributlarni tanlash, yangi yoki noma’lum sinflarni aniqlash, turli tarmoq muhitlariga moslashuvchanlikni ta’minlash hamda modelni qayta o‘qitish zarurati kabi masalalar dolzarb bo‘lib qolmoqda. Demak, statistik yondashuv yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa ham, uning barqarorligini oshirish uchun xususiyatlar tanlovi, model generalizatsiyasi va moslashuvchan o‘qitish mexanizmlariga alohida e’tibor qaratish talab etiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida statistik yondashuv asosiy sinflashtirish mexanizmi sifatida tavsiya etiladi. Bunda noaniq yoki qo‘shimcha tekshiruv talab qiluvchi oqimlar uchun gibrid yondashuvni, ya’ni dastlab statistik tahlilni, so‘ng zarurat tug‘ilganda chuqurroq paket tahlilini qo‘llash maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. A. Moore, D. Zuev. “Internet Traffic Classification Using Bayesian Analysis Techniques.” *ACM SIGMETRICS*, 2005.
2. A. W. Moore, K. Papagiannaki. “Toward the Accurate Identification of Network Applications.” *PAM Workshop*, 2005.
3. A. Madhukar, C. Williamson. “A Longitudinal Study of P2P Traffic Classification.” *Proceedings of MASCOTS*, 2006.
4. S. Sen, J. Wang. “Analyzing Peer-to-Peer Traffic Across Large Networks.” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2004.
5. A. Karagiannis, K. Papagiannaki, M. Faloutsos. “BLINC: Multilevel Traffic Classification in the Dark.” *ACM SIGCOMM*, 2005.

ISSN 3030-3907

6. N. Williams, S. Zander, G. Armitage. “A Preliminary Performance Comparison of Five Machine Learning Algorithms for Practical IP Traffic Flow Classification.” *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 36, no. 5, 2006.
7. T. Nguyen, G. Armitage. “Training on Multiple Sub-flows to Optimize the Use of Machine Learning Classifiers in Real Networks.” *IEEE LCN*, 2006.
8. H. Kim, K. Claffy, M. Fomenkov, D. Barman, M. Faloutsos, K. Lee. “Internet Traffic Classification Demystified: Myths, Caveats, and the Best Practices.” *ACM CoNEXT*, 2008.
9. J. Zhang, J. Luo. “Flow Classification for Encrypted Internet Traffic with Machine Learning.” *IEEE INFOCOM Workshops*, 2020.
10. Ali, T. E., Chong, Y.-W. & Manickam, S. Machine learning techniques to detect a DDoS attack in SDN: A systematic review. *Appl. Sci.* 13(5), 3183 (2023).
11. Ray D. Internet Traffic Classification Using Machine Learning Techniques. // *International Scientific Journal of Engineering and Management*, vol. 3, no. 4, p. 14, April 2024.

ISSN 3030-3907

JUGLANS REGIA VA PRUNUS PERSICA O‘SIMLIKLARINING VEGETATIV ORGANLARI ASOSIDA OLINGAN DORIVOR MODDALAR

Nazarova Yorqinoy Xalpajonovna
Farg‘ona jamoat salomatligi tibbiyot instituti

Annotatsiya. Mazkur maqolada *Juglans regia* (grek yong‘oq) va *Prunus persica* (shaftoli) o‘simliklarining vegetativ organlari – barg, po‘stloq va yosh novdalar tarkibidagi biologik faol moddalar o‘rganildi. Ushbu o‘simliklarning dorivor xususiyatlari, tarkibidagi flavonoidlar, fenol birikmalar, vitaminlar va boshqa biofaol moddalarning inson salomatligiga ta’siri tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, **Juglans regia** barglarida antibakterial va yallig‘lanishga qarshi xususiyatlar**,** **Prunus persica** barg va novdalarida esa antioksidant va metabolik jarayonlarni yaxshilovchi xususiyatlar mavjudligi aniqlandi. Olingan natijalar ushbu o‘simliklarning farmatsevtika sanoatida va xalq tabobatida keng qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Juglans regia, Prunus persica, vegetativ organlar, biologik faol moddalar, flavonoidlar, dorivor o‘simliklar, farmakologiya.

Аннотация. В данной статье изучены биологически активные вещества, содержащиеся в вегетативных органах растений *Juglans regia* (грецкий орех) и *Prunus persica* (персик), включая листья, кору и молодые побеги. Проведен анализ лечебных свойств данных растений, а также их химического состава, содержащего флавоноиды, фенольные соединения, витамины и другие биологически активные компоненты. Результаты исследования показали, что листья Juglans regia обладают антибактериальными и противовоспалительными свойствами, а листья и побеги *Prunus persica* имеют антиоксидантное действие и способствуют улучшению обменных процессов. Полученные результаты подтверждают возможность использования этих растений в фармацевтической промышленности и народной медицине.

Ключевые слова: *Juglans regia*, *Prunus persica*, вегетативные органы, биологически активные вещества, флавоноиды, лекарственные растения, фармакология.

Annotation. This article investigates biologically active substances obtained from the vegetative organs of Juglans regia (walnut) and Prunus persica (peach) plants, including leaves, bark, and young shoots. The medicinal properties of these plants and their chemical composition containing flavonoids, phenolic compounds, vitamins, and other bioactive substances were analyzed. The research results showed that Juglans regia leaves possess antibacterial and anti-inflammatory

ISSN 3030-3907

properties, while the leaves and shoots of Prunus persica exhibit antioxidant activity and improve metabolic processes. The findings indicate the potential use of these plants in pharmaceutical production and traditional medicine.

Keywords: Juglans regia, Prunus persica, vegetative organs, biologically active substances, flavonoids, medicinal plants, pharmacology.

KIRISH

Dorivor o‘simliklar insoniyat tomonidan qadim zamonlardan beri turli kasalliklarni davolash maqsadida qo‘llanib kelinmoqda. O‘simliklarning tarkibidagi biologik faol moddalar farmatsevtika sanoatida yangi dori vositalarini yaratishda muhim manbaa hisoblanadi. Ayniqsa, daraxtsimon o‘simliklarning vegetativ organlari – barg, novda va po‘stloq qismlarida ko‘plab biofaol moddalar to‘planadi[1].

Juglans regia L. (oddiy yong‘oq) Juglandaceae oilasiga mansub bo‘lib, Markaziy Osiyo hududlarida keng tarqalgan o‘simlik hisoblanadi. Ushbu o‘simlikning barglari, po‘stlog‘i va meva qobig‘i xalq tabobatida keng qo‘llanadi. Barglarida flavonoidlar, juglon, askorbin kislotasi, efir moylari va boshqa ko‘plab biologik faol moddalar mavjud[2].

Prunus persica (shaftoli) Rosaceae oilasiga mansub bo‘lib, uning barglari va yosh novdalari ham dorivor xususiyatlarga ega. Ushbu o‘simlik tarkibida organik kislotalar, flavonoidlar, karotinoidlar va antioksidant moddalar mavjud.

Bugungi kunda dorivor o‘simliklarning vegetativ organlari asosida yangi farmakologik preparatlar yaratish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Shu sababli Juglans regia va Prunus persica o‘simliklarining biologik faol moddalarga boy vegetativ organlarini o‘rganish muhim ahamiyatga ega[3].

Prunus persica(shaftoli) bargi tibbiyotda xoleretik (o‘t haydovchi), qayta tiklovchi vosita sifatida, shuningdek, in’eksiya preparatlari asosida va kosmetika tarkibida qo‘llaniladi. *Prunus persica(shaftoli)* barglaridan olingan etanolli ekstrakt immunotrop va yallig‘lanishga qarshi ta’sir ko‘rsatadi

Prunus persica (shaftoli) barglari xalq tabobati va zamonaviy tibbiyotda biologik faol moddalarga boy manba sifatida e’tirof etiladi. Barglardan tayyorlangan preparatlar organizmda moddalar almashinuvini qo‘llab-quvvatlab, umumiy sog‘lomlashtiruvchi va qayta tiklovchi ta’sir ko‘rsatadi[4].

Prunus persica(shaftoli) barglaridan olingan etanolli ekstrakt tajribaviy tadqiqotlarda immun tizim faoliyatini modulyatsiya qilishi, ya’ni immun javobni kuchaytirishi aniqlangan. Shu bilan birga, mazkur ekstrakt yallig‘lanish mediatorlarining faolligini pasaytirib, sezilarli yallig‘lanishga qarshi ta’sir namoyon etadi. Shaftoli bargida mavjud flavonoidlar, fenolik birikmalar va boshqa fitokimyoviy moddalar ekstraktning farmakologik samaradorligini ta’minlab, uni

ISSN 3030-3907

immunotrop va yallig‘lanishga qarshi tabiiy vosita sifatida qo‘llash imkoniyatini ko‘rsatadi[4].

Prunus persica(shaftoli) bargining **oshqozon-ichak tizimiga ta’siri.** *Prunus persica(shaftol)* barglarining etilasetatli ekstraktining oshqozon-ichak harakatchanliligiga ta'siri ajratilgan kolon modeli(kolit bilan kasallangan)da baholangan. Ekstrakt *in vitro* tahlillarda kuchli ta'sir ko‘rsatgan. U sichqonlarning yog‘on ichagida konsentratsiyaga bog‘liq stimulyator ta'sir ko‘rsatgan. Ketotifen, simetidin va pirilamin dori vositalari o‘simlik ekstrakti tomonidan keltirilgan siqilishlarni sezilarli darajada to‘xtatgan. Immuno-flyuoresensiy o‘simlik ekstrakti bilan davolangan sichqonlarda hujayralarining sonining ko‘payganini ko‘rsatdi va bu kolon to‘qimalaridan gistaminning chiqishini oshirdi. Ekstraktning prokinetik faolligi asosan hujayralarning degranulyatsiyasi orqali amalga oshiriladi**[5]**.

Prunus persica (shaftoli) barglarining suvli ekstrakti sinov quyonlarida oshqozon-ichak tizimini rag‘batlantiruvchi ta'sirini o‘rganish uchun sinovdan o‘tkazilgan. Ekstrakt 1-10 mg/ml dozada o‘rtacha darajadagi spazmogen ta’sir ko‘rsatgan. To‘qimani atropin bilan oldindan davolash o‘simlik ekstraktining ta’sirini butunlay bekor qilgan, bu esa asetilxolin ta'siriga o‘xshash bo‘lib, xolinergik mexanizmni ko‘rsatadi. K^+ kationlari keltirilgan hujayra kanallarining torayishga qarshi sinovda, ekstrakt va uning etil asetat fraksiyasi dozaga bog‘liq ravishda ingibitsiya qilgan, bu esa kalsiy kanallarini blokirovka qilishni ko‘rsatadi[6].

TADQIQOT METODI VA OLINGAN NATIJALAR TAHLILI

Tadqiqot jarayonida Juglans regia va Prunus persica o‘simliklarining barglari, yosh novdalari hamda po‘stlog‘i namunalari Farg‘ona viloyati hududidan yig‘ib olindi. Barg, po‘stloq va yosh novdalar laboratoriya sharoitida quritilib maydalandi. Biologik faol moddalarni aniqlash uchun suvli va spirtli ekstraksiya usullaridan foydalanildi. Ekstraksiya jarayonida suvli va spirtli eritmalar qo‘llanildi. Olingan ekstraktlar kimyoviy tahlil usullari yordamida tekshirildi. Xususan, flavonoidlar, fenol birikmalar va antioksidant moddalarning miqdori aniqlash uchun spektrofotometrik metodlardan foydalanildi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, Juglans regia barglari tarkibida yuqori miqdorda flavonoidlar va fenol birikmalar mavjud. Ushbu moddalar mikroorganizmlarga qarshi kuchli ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli yong‘oq barglari ekstrakti antiseptik vosita sifatida qo‘llanishi mumkin.

Prunus persica barglari va yosh novdalarida esa antioksidant faoliyat yuqori darajada ekanligi aniqlandi. Antioksidant moddalar organizmdagi erkin radikallarni zararsizlantiradi va hujayralarning qarishini sekinlashtiradi.

ISSN 3030-3907

Shuningdek, laboratoriya tajribalari natijasida ushbu o‘simliklardan olingan ekstraktlar metabolizm jarayonlariga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Bu esa ularni farmatsevtika sanoatida biologik faol qo‘shimchalar yaratishda qo‘llash imkonini beradi.

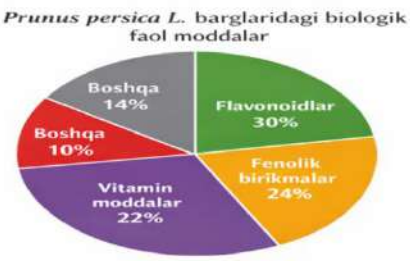
1-jadval

Juglans regia va Prunus persica o‘simliklari vegetativ organlarida aniqlangan biologik faol moddalar

O‘simlik turi	Vegetativ organi	Biologik faol moddalar
Juglans regia L.	Barg	Flavonoidlar, fenolik birikmalar, askorbin kislota
Juglans regia L.	Po‘stloq	Yuglon moddasi, tanin moddalar
Prunus persica	Barg	Vitamin moddalar, antioksidant birikmalar
Prunus persica	Yosh novdalar	Fenolik kislotalar, flavonoidlar



1-rasm. *Juglans regia L.* barglaridagi asosiy biologik faol moddalar foiz taqsimoti.



2-rasm. *Prunus persica L.* barglaridagi biologik faol moddalar nisbiy tarkibi.

Yuqoridagi diagrammalarda Juglans regia-L va Prunus persica barglarida mavjud flavonoidlar, fenolik birikmalar va askorbin kislota asosiy modda hisoblanadi. Bu moddalarning Juglans regia-L dagi foiz nisbati quyidagisha:

- Flavonoidlar – 34%
- Fenolik birikmalar – 28%
- Tanninlar – 14%
- Vitamin moddalar – 16%
- Boshqa – 8%

Juglans regia (grek yong‘og‘i) barglaridan olingan ekstrakt asosan kosmetik preparatlar yoki fitoterapevtik vositalar sifatida ishlatiladi. Teri uchun, shuningdek og‘iz orqali qabul qilinadigan tabiiy birikma sifatida antioksidant xususiyatlari bilan tanilgan. U yurak salomatligi va qon aylanish tizimini yaxshilashga yordam beradi

ISSN 3030-3907

***Prunus persica* b**arglarida esa antioksidant moddalar va vitaminlar yuqori miqdorda ekanligi ma’lum bo‘ldi. Foiz nisbati quyidagicha:

- Flavonoidlar – 30%
- Fenolik birikmalar – 24%
- Tanninlar – 10%
- Vitamin moddalar – 22%
- Boshqa – 14%

Prunus persica (shaftoli) bargi **ekstrakti** ko‘pincha antioksidant sifatida teri parvarishiga ishlatiladi.

Prunus Persica (shaftoli) **qobig‘i ekstrakti** -ichak faoliyatini normallashtirish yoki yallig‘lanishga qarshi vosita sifatida ishlatiladi. Shu bilan birgalikda kosmetikada ayrim tabiiy teri parvarishi mahsulotlarida ekstrakt tarkibida antioksidant yoki yallig‘lanishga qarshi komponent sifatida qo‘shilishi mumkin.

Olingan natijalar boshqa ilmiy tadqiqotlar bilan mos keladi. Flavonoidlar va fenolik birikmalar organizmda antioksidant himoya tizimini kuchaytiradi, mikroorganizmlarga qarshi faoliyat ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli *Juglans regia- L.* va *Prunus persica* o‘simliklari farmatsevtik preparatlar yaratishda tabiiy xomashyo sifatida katta ahamiyatga ega.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida Juglans regia va Prunus persica o‘simliklarining vegetativ organlari biologik faol moddalarga boy ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, yong‘oq barglarida antibakterial va yallig‘lanishga qarshi ta’sirga ega flavonoidlar hamda fenol birikmalar yuqori miqdorda mavjud.

Prunus persica barglari va novdalarida esa antioksidant xususiyatga ega moddalar ko‘pligi aniqlanib, ular organizmning metabolik jarayonlariga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi qayd etildi. Mazkur o‘simliklarning vegetativ organlari asosida yangi dorivor preparatlar yaratish istiqbollari mavjud. Shu sababli kelajakda ushbu o‘simliklarning kimyoviy tarkibini chuqurroq o‘rganish hamda ularni farmatsevtika sanoatida qo‘llash bo‘yicha qo‘shimcha ilmiy tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiqdir. Olib borilgan *Tadqiqot natijalari yangi dorivor preparatlar yaratish uchun istiqbolli xomashyo sifatida foydalanish imkonini beradi.*

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov A.A. Dorivor o‘simliklar va ularning farmakologik xususiyatlari. – Toshkent, 2018.
2. Abdullayev O., Nabiyev M. O‘simliklar biokimyosi. – Toshkent: Fan, 2019.
3. Nazarova Yo., Umarov A. Xalq tabobatida shaftoli bargining foydali va shifobaxsh xususiyatlaridan foydalanish. Tovarlar kimyosi xamda xalq tabobati

ISSN 3030-3907

muammolari va istiqbollari Mavzusidagi IX Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari, Andijon, 2022, b. 296.
4. Marupova M.M., Nazarova Yo.X Grek yong‘ogi (Juglans regia (grek yong‘og‘i) L) barglarining shifobaxshlik xususiyatlari va uning element taxlili. Tovarlar kimyosi va xalq tabobati jurnali.2023 yil 2-tom.4son .b.146-157.
5. Duke J.A. Handbook of Medicinal Plants. – CRC Press, 2002.
6. Bruneton J. Pharmacognosy, Phytochemistry, Medicinal Plants. – Paris, 1999.

ISSN 3030-3907

LoRaWan TEXNOLOGIYASI VA TARMOQ ELEMENTLARINING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

Sultonova Maxbubaxon Odilovna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti “Mobil aloqa texnologiyalari” kafedrasi dotsenti
Tel:+998935091377

Annotatsiya. Mazkur maqolada LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) tarmoqlarining energiya iste’moli va ishlash radiusining samaradorligi ko‘rsatilgan. Microchip RN2483 moduli misolida qurilmaning turli ish rejimlari uchun tok va quvvat sarfi hisoblab chiqilgan. Shuningdek, binolar ichidagi to‘siqlar sharoitida signallarning so‘nish darajasi va signal/shovqin nisbatining masofaga bog‘liqligi matematik modellar yordamida tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: Radio to‘lqin, ma’lumot, aqlli elektr ta’minoti, energiya iste’moli, signal so‘nishi, "Soyalanish" modeli, signal/shovqin nisbati.

Аннотация. В данной статье представлены данные об энергопотреблении и эффективности сетей LoRaWAN (Long Range Wide Area Network). На примере модуля Microchip RN2483 рассчитаны потребление тока и мощности для различных режимов работы устройства. Также с помощью математических моделей проанализирована зависимость уровня затухания сигнала и отношения сигнал/шум от расстояния при наличии препятствий внутри зданий.

Ключевые слова: Радиоволны, информация, интеллектуальное электропитание, энергопотребление, затухание сигнала, модель «затенения», отношение сигнал/шум.

Abstract. This article presents the energy consumption and efficiency of LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) networks. Using the Microchip RN2483 module as an example, the current and power consumption for different operating modes of the device are calculated. Also, the dependence of the signal attenuation level and the signal/noise ratio on distance in the presence of obstacles inside buildings is analyzed using mathematical models.

Keywords: Radio wave, information, smart power supply, energy consumption, signal attenuation, "Shading" model, signal/noise ratio.

KIRISH

LoRaWan tarmoqlarining asosiy o‘ziga xos xususiyatlari, aynan xizmat ko‘rsatilmasdan tarmoq tugunlarining uzoq vaqt ishlatilishi muddati va ularning katta ishlash radiusi hisobga olinganida eng o‘ziga tortadigan joriy etish sohalarini aytish mumkin. Avvalo, bu yoritish tizimlarini avtomatlashtirish sohasi hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Intellektual simsiz hisoblagichlarning qo‘llanishi yirik kichik daha ko‘lamida energiya resurslarining (suv, issiqlik, gaz, elektr energiyasi) sarfini avtomatik hisobga olishni oson tashkil etishga, shuningdek real vaqt rejimida qo‘llanadigan qurilmalarning holatini kuzatib borishga yordam beradi.

So‘nggi yillarda “aqlli shahar” konsepsiyasi katta ommaviylikka erishmoqda, uning doirasida na elektr ta’minoti tizimlariga, na kommunikatsiyalarga bog‘liq bo‘lmagan zamonaviy binolarda ishlatiladigan mexanik, elektr va elektron tizimlarni monitoring qilishni bajaradigan simsiz qurilmalarning birlashtiriladi .

METODOLOGIYA Mazkur ishda LoRaWan tarmoqlarining asosiy o‘ziga xos xususiyatlarini baholash, xususan Microchip RN2483 uchun ma’lumotlarni qabul qilish metodologiyasi ko‘rilgan. Mavzuni ilmiy o‘rganish, statik tahlillar, mantiqiylik, tahlil va tadqiq etish jarayonida turli xil adabiyotlar va maqolalar tahlilidan foydalanilgan.

MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI LoRaWAN texnologiyasi va uning tarmoq elementlari bo‘yicha adabiyotlar tahlilini tayyorlashda, odatda, texnologiyaning energiya tejamkorligi, qamrov doirasi va arxitektura tuzilishiga e’tibor qaratiladi. Adabiyotlarda LoRaWAN tarmog‘i asosan "Yulduzsimon yulduz" topologiyasi asosida tahlil qilinadi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Ma’lumotlarni uzatishda iste’mol quvvati to‘g‘ridan-to‘g‘ri ma’lumotlar paketining hajmiga bog‘liq. Microchip RN2483 uchun uzatish paytida tok iste’moli ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va 14,2 mAni tashkil qiladi. Uzatish paytida 2 V batareyadan foydalanganda iste’mol quvvati qiymati quyidagicha bo‘ladi :

$$P = UI \qquad (1)$$

$$P= 14{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 2{,}84 \text{ mVt.}$$

Microchip RN2483 uchun ma’lumotlarni qabul qilish paytida tok iste’mol ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilanadi va 2,8 m ni tashkil qiladi. (1) formula bo‘yicha qabul qilishda 2V batareyadan foydalanganda iste’mol quvvati qiymati quyidagicha bo‘ladi:

$$P = 2{,}8 \cdot 10^{-3} = 0{,}56\text{mVt.}$$

“Kutish” rejimida LoRaWan qurilmalarining tok iste’moli 1,8 mkAni tashkil qiladi, 2 V batareyadan foydalanganda “kutish” rejimida iste’mol quvvati quyidagicha bo‘ladi:

$$P = 1{,}8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 = 36 \text{ mkVt.}$$

ISSN 3030-3907

Microchip RN2483da ishlatiladigan antenna chorak to‘lqinli antenna bo‘lib, 2,2 dB kuchaytirish koeffitsientiga ega. Signalni uzatish va qabul qilishda natural sonlarda antennaning kuchayish koeffitsientini quyidagi formuladan topamiz:

$$G = 10G / 10 \quad (2)$$

$$G = 10\ 2{,}2 / 10 = 1{,}66.$$

Qabul qilgichning sezgirligi muvaffaqiyatli dekodlanishi mumkin bo‘lgan minimal kirish signali sifatida aniqlanadi. RN2483 qabul qilgichning sezgirligi -143dBm. Vattdagi qiymatni topish uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$P_r = \frac{10^{(\frac{P_{dBm}}{10})}}{1000} \quad (3)$$

$$P_r = \frac{10^{(\frac{-143}{10})}}{1000} = 5{,}0118 \cdot 10^{-18}\ \text{Vt}$$

Chiqish tokining qiymati barcha ish rejimlarida LoRaWan qurilmaning holatiga, Shuningdek ularning har birida ishlash davomiyligiga bog‘liq. O‘rtacha tok iste’molini quyidagi formula bo‘yicha topamiz:

$$I_{o\prime r} = I_{oniy} \frac{t_{uzat}}{t_{kut}}$$

bu erda I_{oniy} - bu rejimdagi oniy qiymat;

t_{uzat} - LoRaWan qurilmasi tokni iste’mol qiladigan vaqt;

t_{kut} - qurilmaning dam olish vaqti.

Qurilma uchta ish rejimlariga ega bo‘lishi mumkin:

a) kutish rejimi. Bu rejimda RN2483 mikrokontrolleri tok iste’moli 2,6 mkAni (nominal qiymat), 3 mkA (maksimal qiymat)t ashkil qiladi. Hisoblash uchun biz iste’mol qilinadigan tokning maksimal qiymatini tanlaymiz;

b) mayoq signallarini qabul qilish tartibi va ularga ishlov berish. Mayoq kadrlarini qabul qilish uchun kutish rejimidan chiqish har 10 soniyada 6 msga sodir bo‘ladi;

c) ma’lumotlarni uzatish rejimi. Hisoblash uchun biz ma’lumotlarni uzatish kun davomida har soatda sodir bo‘ladi, tok iste’mol esa 100 ms uchun 40 mAni tashkil qiladi.

Signallarni qabul qilishda o‘rtacha tokni aniqlaymiz:

$$I_{o'r.qab} = 40 \cdot 10^{-3} \frac{6 \cdot 10^{-3}}{10} = 24\ \text{mkA}$$

Ma’lumotlarni uzatishda o‘rtacha tokni aniqlaymiz:

$$I_{o'r.uzat} = 40 \cdot 10^{-3} \frac{24 \cdot (100 \cdot 10^{-3})}{86400} = 1{,}1\ \text{mkA}$$

(4) formulasidan foydalanib, qurilmaning o‘rtacha tok iste’molini topamiz:

$$I_{o\prime r} = I_{kut} + I_{o'r.qab} + I_{o'r.uzat} \quad (4)$$

$$I_{o\prime r} = 3 + 24 + 1{,}1 = 28{,}1\ \text{mkA}.$$

ISSN 3030-3907

Radio to‘lqinlarining tarqalishining uchta modellari mavjud bo‘lib, ular yordamida signal sathini aniqlash mumkin. Uni sezgirlik bo‘sag‘asidan Yuqorida bo‘lishi signalni muvaffaqiyatli dekodlash imkoniyatini aniqlaydi. LoRaWan tarmog‘ining uzatish/qabul qilish tugunlari vaqtning katta qismida kutish rejimida bo‘ladi. Shuning uchun tugunning quvvat iste’moli turli xil ish rejimlarida iste’mol quvvatiga bog‘liq. Tugunning asosiy ish rejimlari qabul qilish va uzatish hisoblanadi, shuning uchun o‘rtacha iste’mol quvvati bu ikki rejimlarga bog‘liq. Kanalni tekshirish va ma’lumotlarga ishlov berish uchun juda kam energiya sarflanadi. IEEE 802.15.4 standartida eng qisqa ma’lumotlar paketi umumiy uzunligi = 11 bayt bo‘lgan tasdiqlash paketi hisoblanadi. U holda L_{data} uzunlikdagi paketlarni uzatish/qabul qilish uchun energiya sarflarini (shifrlashsiz, 16-bitli manzilli) quyidagi ifodadan topish mumkin :

$$e_{data}(n) + \frac{L(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} \qquad (5)$$

bu erda n - ma’lumotlar maydonining o‘lchami (bayt). Bu hisoblashda L_{data} uzunligi bo‘lgan ma’lumotlar maydonining uchta qiymatini ko‘rib chiqamiz: ma’lumotlar paketi L_{data} = 26 bayt xabarning 9 bayti standartga muvofiq bunday uzunlikdagi qabul qilgichning sezgirligi ko‘rsatilgan, ma’lumotlar maydonlari L_{data} = 75 bayt va xabar hajmi 58 bayt, maksimal uzunligi L_{data} = 133 bayt bo‘lgan paketning ma’lumotlar maydoni va 118 bayt xabar hajmi. Uchta qiymatlardagi ma’lumotlar paketlarini uzatish va qabul qilish uchun energiya xarajatlarini hisoblaymiz:

$$e_{data}(n) + \frac{L_{data}(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} = 2{,}36$$

$$e_{data}(n) + \frac{L_{data}(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} = 6{,}82$$

$$e_{data}(n) + \frac{L_{data}(n)}{L_{ACK}} = \frac{17+n}{11} = 12{,}27$$

Erkin fazo modeli va ikki nurli model qisqa aloqalar uchun signal quvvati va tarqalishini tavsiflash uchun eng mos keladi. Ammo uzoq masofalarda uzatiladigan signal turli xil, masalan, so‘nish va ko‘p nurli tarqalish kabi ta’sirlarga uchrashi mumkin, ular birinchi ikkita modellarda hisobga olinmaydi, shuning uchun bu holda “Soyalanish” modelidan foydalanish maqsadga muvofiq.

Bu modelda ma’lumotlarni uzatishda atrof-muhit omilini hisobga olinadi. To‘g‘ri ko‘rinish qiyin bo‘lgan zonalarda joylashgan ko‘p sonli to‘siqlarning mavjudligi radiosignalning ko‘p nurli tarqalishi muammosini keltirib chiqaradi. LoRaWan tizimining aloqa kanalini to‘siqli ko‘rinish zonalarida tavsiflashda

ISSN 3030-3907

binolar ichida radiosignallarning tarqalishiga xos bo‘lgan quyidag ikkita jihatlarni hisobga olish kerak:

a) LoRaWan tarmog‘ining qamrob olish zonasining o‘lchami ochiq maydonni tarqatish sharoitlariga qaraganda ancha kichik;

b) ma’lum zonada radioto‘lqinlarning tarqalish shartlari yanada xilma-xil.

Binoda radioto‘lqinlarning tarqalishi asosan quyidagi parametrlar bilan belgilanadi:

- qurilish sxemasi;
- qurilish materiallari;
- bino turi.

Signal sathi antennalarning joylashishiga, xonalardagi eshiklar yopiq yoki ochiqligiga bog‘liq bo‘ladi. Binolar ichida ko‘pincha juda ko‘p qismlar va devorlar, turli xil predmetlar mavjud bo‘lib, bularning barchasi radiosignallarining tarqalish imkoniyatiga sezilarli ta’sir qiladi. Bino ichidagi devorlar va bo‘linmalar ko‘pincha ikki turlarga bo‘linadi:

a) bino tuzilmasining bir qismi bo‘lgan “qattiq” devorlar;

b) surilishi mumkin bo‘lgan qismlar – “yumshoq" devorlar”.

“Soyalanish” modeli ikki qismlardan iborat bo‘lib, modelning birinchi qismi uzatish traktida yo‘qotish modeli deyiladi va etalon masofadagi quvvatga nisbatan olingan quvvatning o‘rtacha qiymatini bashoratlaydi:

$$\left[\frac{P_r(d)}{P_r(d_0)}\right]_{dB} = 10\beta \cdot log\left(\frac{d}{d_0}\right) \qquad (6)$$

bu erda β - traktdagi yo‘qotish konstantasi va eksperimental tarzda aniqlanadi.

Radiosignalning uzatkichdan qabul qilgichga tarqalishida so‘nish darajasi uzatish amalga oshiriladigan chastotaga, modullar orasidagi masofaga, Shuningdek, nolinchi Gauss o‘zgaruvchisining qiymatiga bog‘liq. So‘nish qiymatini formula bo‘yicha topamiz:

$$P_L(d_0) = 20\log_{10}(f_{MHz}) + 10\beta\log(d) - 28 + N(0, \sigma_{ch}^2) \qquad (7)$$

bu erda f_{MHz} - modul chastotasi - 2400 MGsga teng; xona ichidagi modullar orasidagi masofa 50 m ruxsat etiladi. Nolinchi Gauss o‘zgaruvchisining qiymatini 1 ga teng (zavod, qiyin to‘g‘ri ko‘rinish zonasi), β = 2 olamiz, u holda etalon masofada so‘nish quyidagi ifodadan topiladi:

$$P_L(d_0) = 20\log_{10}(2405) + 10 \cdot 2 \cdot \log(1) - 28 + 1 = 40 \text{ dB}$$

Quyidagi formula bo‘yicha to‘siqlar hisobiga so‘nishni hisobga olgan holda traktda yo‘qotishlarning logarifmik-normal taqsimotining qiymatini topamiz:

$$P_L(d) = P_L(d_0) + 10\beta\log(d/d_0) + N(0, \sigma_{ch}^2) \qquad (8)$$

bu erda, $P_L(d0)$ - etalon masofadagi so‘nish (dB);

d - uzatkich va qabul qilgich orasidagi masofa (m);

ISSN 3030-3907

d_0 - etalon masofa (m);

β - traktda yo‘qotishlar darajasining ko‘rsatkichi (binolar uchun o‘rtacha qiymat 6 ga teng, qiyin to‘g‘ri ko‘rinishsh zonasi uchun olinadi);

$N(O,\sigma_{ch}^2)$ - tasodifiy Gauss o‘zgaruvchisi (dB).

Bu hisoblash traktda yo‘qotishlarning taxminiy qiymatini beradi, chunki radiosignalning tarqalish yo‘lining xususiyatlari, shuningdek, to‘siqlar qilingan materialning turi, shuningdek o‘lchamlari hisobga olinmaydi. Shuning uchun ma’lumotlarni uzatishda ko‘p nurli tarqalishni hisobga olish kerak. To‘siqlar tufayli sinishni hisobga olgan holda uzatish traktidagi so‘nishlarni aniqlash uchun hisoblashlardan ko‘rinib turibdiki, qiyin to‘g‘ri ko‘rinish zonasida tarqaladigan signal juda ko‘p qaytish va yutilishdan o‘tadi, buning natijasida hatto 30 metrlar masofada ham signalning so‘nishi 70 dBga etadi (1-jadval).

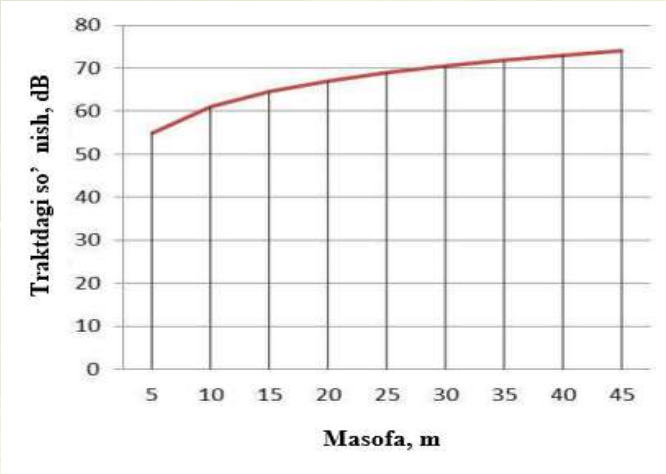
1-rasmdagi grafikdan ko‘rinib turibdiki, uzatish traktidagi so‘nish qiymati to‘siqlar tufayli kuchsizlanishni hisobga olganda 45 metrlar masofada 75 dB qiymatga etadi. LoRaWan ma’lumotlar uzatish tizimidan binolar ichida to‘siqlarga ega bo‘lgan qiyin to‘g‘ri ko‘rinish zonalarida foydalanishda qabul qilingan quvvat sathi hatto 10-15 metr masofalarda ham past bo‘lishi mumkin.

1-jadval

Uzatish traktidagi so‘nish

Uzatish va qabul qilish qurilmalari orasidagi masofa, m	To‘siqlar hisobiga so‘nishlar hisobga olinishi bilan traktdagi so‘nish, dB
5	55
10	61
15	64,52
20	67
25	68,96
30	70,54
35	71,88
40	73,04
45	74,06

ISSN 3030-3907



1-rasm. To‘siqlar hisobiga kuchsizlanishni hisobga olinganda traktdagi so‘nish

Qabul qilgichning kirishidagi signal/shovqin nisbatining qiymatlarini quyidagi formula yordamida topamiz:

$$\gamma(d) = N(P_t, \sigma_t^2) + P_L(d) + N(P_n, \sigma_n^2) \quad (10)$$

bu erda P_t - uzatkichning o‘rtacha (nominal) chiqish quvvati (dBm);

σ_t^2 - chiqish quvvatining dispersiyasi;

P_n - qabul qilgichning o‘rtacha (nominal) shovqin sathi (dBm);

σ_n^2 - shovqin sathlarining dispersiyasi

2-jadvalda modullar orasidagi turli masofalarda qabul qilgichning kirishida signal shovqin nisbatini hisoblashda olingan qiymatlar keltirilgan.

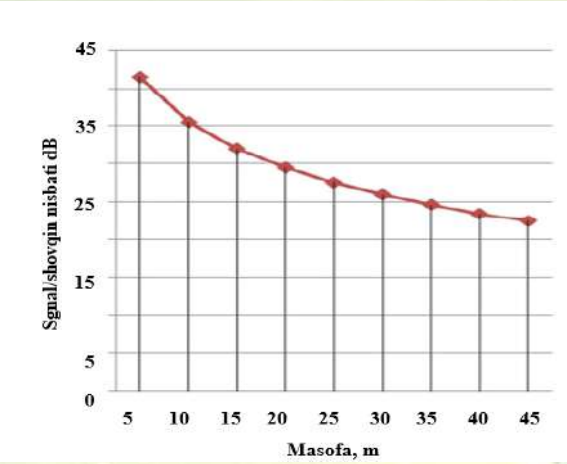
2-jadval

Qabul qilgichning kirishidagi signal-shovqin nisbati qiymatlari

Uzatish va qabul qilish qurilmalari orasidagi masofa, m	Qabul qilgich kirishidagi signal/shovqin nisbati, dB
5	41,5
10	35,5
15	31,98
20	29,5
25	27,54
30	25,96
35	24,62
40	23,46
45	22,5

2-rasmda masofaga nisbatan signal-shovqin nisbati bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, signal-shovqin nisbati masofa ortishi bilan keskin pasayadi va 45 metrlarda taxminan 22 dBni tashkil qiladi, bu aloqa sifatining past darajasiga mos keladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Signal-shovqin nisbatining masofaga bog‘liqligi

XULOSA

IoT ma’lumotlarni uzatish texnologiyalarida ishlaydigan Ambiot platformasi asosidagi tashqi yoritishni boshqarish tizimlarida qo‘llanishi tahlil qilingan. Ma’lum bo‘ldiki, tashqi yoritishni boshqarish tizimini tanlash obekt turi, uning joylashrsh o‘rni, yoritish qurilmasini ishlatish sharoitlari, yoritiladigan sirtning sifati va turi va boshqalar kabi ko‘plab turli xil omillarga bog‘liq.

LoRaWAN texnologiyasidagi tarmoqni hisoblash, jumladan LoRaWan tarmog‘ining sig‘imini va LoRaWan qurilmalarining iste’mol quvvatini hisoblash amalga oshirilgan, LoRaWan tizimida ma’lumotlarni uzatishda so‘nish darajasini va signal/shovqin nisbati aniqlangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yilning 18 yanvaridagi O‘zbekiston Respublikasida “Aqlli shahar” texnologiyalarini joriy etish Konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” № 48-Qarori. https://lex.uz/docs/4171067
2. D.A.Davronbekov, U.T.Aliev, H.X. Madaminov, J.D. Isroilov. Simsiz tarmoqlar. Darslik, Toshkent: “Фан ва технология”, 2021 – 495 b.
3. Гусев. О. Эксперимент по созданию системы мониторинга хозяйственных объектов с использованием LoRaWan // Беспроводные технологии. 2016. № 2.
4. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
5. Зараменских Е., Артемьев И. Интернет вещей. Исследования и область применения. М.,2017.188 с. [Zaramenskih E., Artem ev I. Internet veshhej. Issledovanija i oblast primenenija. Moscow, 2017, 188 p. (in Russ.)].
6. Фремонт Филипп. «Интернет вещей»: сложное становится доступным. http://controlengrussia.com/ internet-veshhej/visible-things
7. Кучерявый А. Е., Кучерявый Е. А., Прокопьев А. В. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 312 с.
8. U.T.Aliev. Simsiz IoT tizimlari. Darslik.“Metodist nashriyoti”. Toshkent-2024.

ISSN 3030-3907

-276b.
9. Сорокин И.А., Романов П.Н., Чесноков А.Д., перспективы объединения технологии PLC и WI-FI для высокоскоростного доступа в интернет. Международный научный журнал «инновационная наука» №6/2016 issn 2410-6070
10. White Paper: Comparison of Access Technologies. — OPERA Consortium, 2019 (www.ist-opera.org).
11. Pablo Gagliardo. Take advantage of power line communications in nextgen home networking & IPTV designs. — CommsDesign. 2019 (http://www.commsdesign.com/article/printableArticle.jhtml?articleID=217300850).
12. X-10 Communications Protocol and Power Line Interface PSC04&PSC05 (ftp://ftp.x10.com/pub/manuals/technicalnote.pdf). https://ambiot.io/blog/loraplc
13. Охрименко В. PLC-технологии. // Электронные компоненты. 2019. №10. с. 58-62.

ISSN 3030-3907

O‘QITISH JARAYONIDA MESSENJERLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI

Kaxarov Ravshanjon Tursunovich
Namangan davlat universiteti o‘qituvchisi
E-mail: piterkrst@mail.ru
Kazakov Baxtiyor Abduraxmonovich,
Kosonsoy jamoat salomatligi texnikumi etakchi o‘qituvchisi
E-mail: baxtish_k@.mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada zamonaviy ta’lim jarayonida messenjer texnologiyalaridan foydalanish masalalari tahlil qilinadi. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi ta’lim jarayoniga yangi vositalarni joriy etishni talab qilmoqda. Messenjerlar o‘qituvchi va talabalar o‘rtasida tezkor axborot almashinuvi, masofaviy muloqot va o‘quv materiallarini tarqatish imkoniyatini yaratadi. Tadqiqotda messenjerlardan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari, ularning o‘quv jarayonidagi samaradorligi hamda talabalarning o‘quv faolligiga ta’siri o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, messenjerlardan foydalanish o‘quv jarayonining interaktivligini oshiradi, talabalar bilan tezkor aloqa o‘rnatishga yordam beradi va o‘quv materiallarini yetkazish jarayonini soddalashtiradi. Shu bilan birga, ularning didaktik imkoniyatlari va cheklovlari ham ko‘rib chiqildi.

Kalit so‘zlar: messenjerlar, elektron ta’lim, mobil ta’lim, ta’lim texnologiyalari, raqamli ta’lim muhiti, kommunikatsiya.

Abstract. This article analyzes the issues of using messenger technologies in the modern educational process. The rapid development of information and communication technologies requires the introduction of new tools into the educational process. Messengers provide opportunities for fast information exchange between teachers and students, remote communication, and the distribution of educational materials. The study examines the pedagogical potential of using messengers, their effectiveness in the learning process, and their impact on students’ learning activity. The results show that the use of messengers increases the interactivity of the learning process, helps establish quick communication with students, and simplifies the delivery of educational materials. At the same time, their didactic possibilities and limitations are also considered.

Keywords: messengers, e-learning, mobile learning, educational technologies, digital learning environment, communication.

Аннотация. В данной статье анализируются вопросы использования мессенджер-технологий в современном образовательном процессе. Стремительное развитие информационно-коммуникационных технологий

ISSN 3030-3907

требует внедрения новых средств в образовательный процесс. Мессенджеры создают возможности для оперативного обмена информацией между преподавателями и студентами, дистанционного общения и распространения учебных материалов. В исследовании рассматриваются педагогические возможности использования мессенджеров, их эффективность в учебном процессе, а также влияние на учебную активность студентов. Результаты показывают, что использование мессенджеров повышает интерактивность учебного процесса, способствует быстрому установлению связи со студентами и упрощает процесс передачи учебных материалов. Вместе с тем рассматриваются их дидактические возможности и ограничения.

Ключевые слова: мессенджеры, электронное обучение, мобильное обучение, образовательные технологии, цифровая образовательная среда, коммуникация.

I. KIRISH

Zamonaviy axborot jamiyatida ta’lim tizimi raqamli texnologiyalar bilan chambarchas bog‘liq holda rivojlanmoqda. So‘nggi yillarda mobil qurilmalar va internet texnologiyalarining keng tarqalishi natijasida ta’lim jarayonida turli raqamli platformalardan foydalanish imkoniyati ortdi. Ayniqsa, messenjer dasturlari o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi kommunikatsiyani tashkil etishda muhim vositaga aylangan.

Messenjerlar — bu real vaqt rejimida matnli, audio va video xabarlar almashish imkonini beruvchi dasturiy platformalardir. Hozirgi kunda Telegram, WhatsApp, Viber, Messenger kabi xizmatlar keng tarqalgan bo‘lib, ular nafaqat shaxsiy muloqot, balki ta’lim jarayonida ham faol qo‘llanilmoqda(1-rasm).

Ta’lim jarayonida messenjerlardan foydalanish quyidagi imkoniyatlarni yaratadi:

- o‘qituvchi va talabalar o‘rtasida tezkor aloqa;
- o‘quv materiallarini tezkor tarqatish;
- masofaviy muhokama va maslahatlar;
- guruhli ishlashni tashkil etish;
- ta’lim jarayonini moslashuvchan boshqarish.

Ko‘plab tadqiqotchilar mobil va elektron ta’lim texnologiyalarining samaradorligini o‘rganib, messenjerlarning didaktik imkoniyatlarini tahlil qilganlar. Ularning fikricha, mobil kommunikatsiya vositalari o‘quv jarayonining interaktivligini oshiradi va talabalar faolligini kuchaytiradi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. O‘quv jarayoniga messenjerlar integratsiyasi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — o‘qitish jarayonida messenjerlardan foydalanish samaradorligini o‘rganish hamda ularning pedagogik imkoniyatlarini tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

- messenjer texnologiyalarining ta’limdagi o‘rnini aniqlash;
- o‘quv jarayonida messenjerlardan foydalanish usullarini tahlil qilish;
- ularning ta’lim samaradorligiga ta’sirini aniqlash.

II. TADQIQOT METODOLOGIYASI (Methodology)

Tadqiqot jarayonida bir qator ilmiy metodlardan foydalanildi. Jumladan:

1. Ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish.

Elektron ta’lim, mobil ta’lim va kommunikatsiya texnologiyalari bo‘yicha ilmiy manbalar o‘rganildi.

Anderson, T. (Ed.). (2008) asarida **messenjerlar ta’limda keng qo‘llanmagan**, shuning uchun kitobda **messenjerlar tilga olinmagan**, lekin masofaviy ta’limda o‘zaro onlayn muloqotni zaruriyati va ahamiyati ta’kidlanadi.

Onlayn ta’lim talabalar va o‘qituvchilar o‘rtasidagi o‘zaro aloqani elektron pochta, muhokama forumlari va konferensiya tizimlari kabi kompyuter vositasidagi kommunikatsiya orqali amalga oshirish imkonini beradi. O‘zaro muloqot samarali onlayn ta’lim muhitining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi[1].

Mohamed Ally tahriri ostidagi “Mobile Learning: Transforming the Delivery of Education and Training” (2009) kitobi asosan:

- mobil ta’lim (m-learning) nazariyasi

ISSN 3030-3907

- mobil qurilmalar orqali o‘qitish
- mobil internet va simsiz texnologiyalar
- SMS, mobil kontent va mobil platformalar
- masofaviy ta’limning mobil shakllari kabi masalalarni yoritadi.

Mobil ta’lim o‘quvchilarga istalgan vaqt va istalgan joyda o‘quv materiallariga kirish hamda o‘qituvchilar va boshqa o‘quvchilar bilan muloqot qilish imkonini beradi. Mobil texnologiyalar o‘quvchilar o‘rtasida o‘zaro hamkorlik va muloqot uchun yangi imkoniyatlar yaratadi[2].

Bates, A. W. (2022)ni asarida o‘qituvchining doimiy ishtiroki va faoliyati talabalar bilan samarali kommunikatsiyani ta’minlashni anglatishi hamda talabalar o‘rtasida yuzma-yuz yoki onlayn shaklda muloqotni tashkil etish juda muhimligi keltirilganligini ko‘rish mumkin.

Raqamli davrda talabalar uchun ijtimoiy media va kommunikatsiya vositalaridan to‘g‘ri foydalanish muhim ko‘nikma hisoblanadi[3].

Kaxarov, R. (2025)ning maqolasi maktab jamoalarida **tezkor xabar almashish ilovalaridan (ota-ona va o‘quvchi chatlari)** foydalanish bo‘yicha sotsiologik tahlilni taqdim etadi.

- Tezkor xabar almashish ilovalari muloqotning yangi madaniyatini shakllantiradi.
- Ular ishtirokchilar o‘rtasidagi ijtimoiy bog‘liqlikni kuchaytiradi.
- Biroq ular ayrim hollarda nizolar, fikrlar bosimi va axborot ortiqchaligini ham keltirib chiqarishi mumkin.

Tezkor xabar almashish ilovalari muhim ijtimoiy vosita hisoblanadi, biroq ulardan foydalanishda muayyan tartibga solish va muloqotning axloqiy qoidalariga rioya qilish talab etiladi[4].

A.A. Abbakumov, va boshq.(2018) o‘z tadqiqotlarida quyidagilarni ta’kidlaydilar:

- tezkor xabar almashish ilovalari dars jadvali, tadbirlar va o‘zgarishlar haqidagi ma’lumotlarni tez yetkazib berishni ta’minlaydi;
- avtomatlashtirilgan xabarnoma (bildirishnoma) tizimi taklif etiladi;
- qulaylik va talabalar faolligining yuqori darajada bo‘lishiga alohida e’tibor qaratiladi [5].

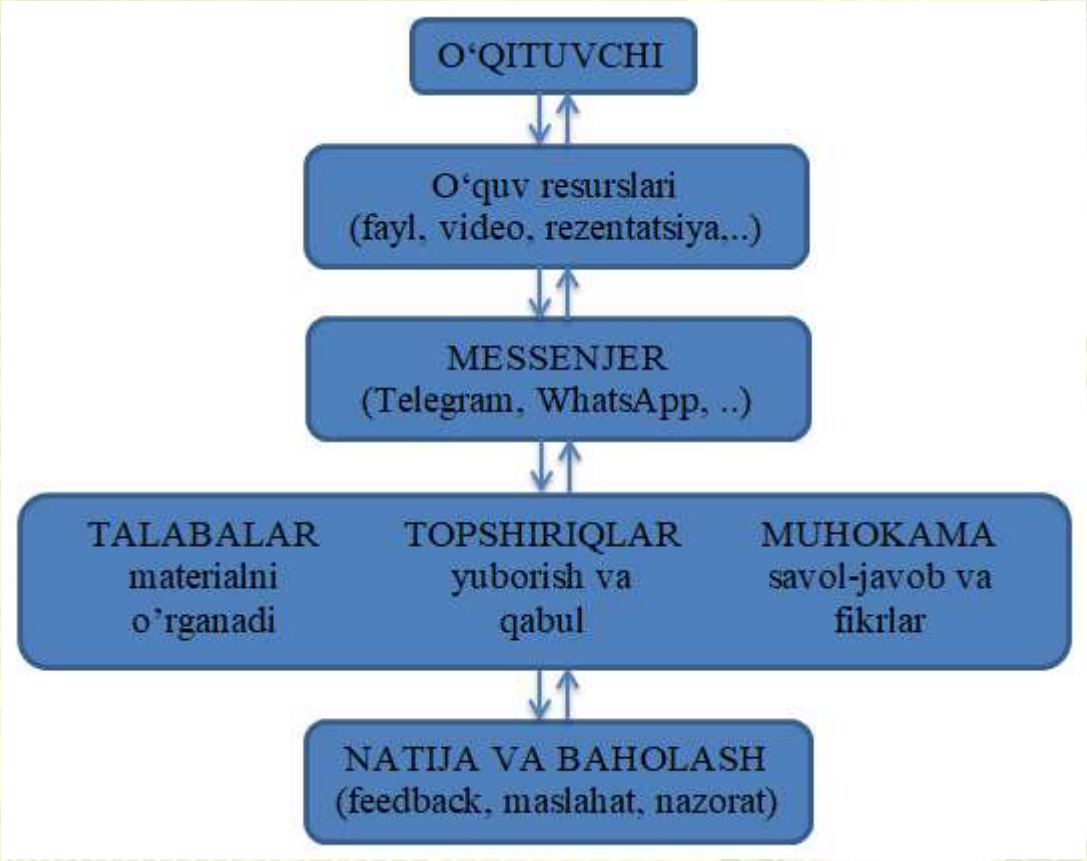
Bikov A.A., Kisileva O.M. (2022) va Shutenko A.I.(2015) maqolalarida

Tezkor xabar almashish ilovalari foydali ekanligi, ammo ularni pedagogik jihatdan puxta o‘ylab foydalanish zarurligi hamda kommunikatsiyaga yo‘naltirilgan ta’lim tendensiyalariga mos kelishi takidlangan[6][7].

2. Pedagogik kuzatuv.

ISSN 3030-3907

Ta’lim jarayonida messenjerlardan foydalanish amaliyoti va ularning o‘quv faoliyatiga o‘rni kuzatildi. Kuzatuv natijasida quyidagi o‘quv jarayonida messenjerlarni qollanishi bo‘yicha model keltirildi(2-rasm).



2-rasm. O‘quv jarayonida messenjerlar modeli.

3. So‘rovnoma va statistik tahlil.

Talabalar o‘rtasida messenjerlardan foydalanish samaradorligini aniqlash maqsa-dida so‘rovnomalar o‘tkazildi.Olingan natijalar statistik usullar yordamida tahlil qilindi.

Tadqiqot oliy va o‘rta maxsus ta’lim muassasalarida olib borildi. Tajribada Namangan davlat universitetidan 30 ta, Kosonsoy jamoat salomatligi texnikumidan 30 ta, jami 60 nafar talaba ishtirok etdi. Tajriba davomida o‘quv jarayonida Telegram messenjeri orqali:

- o‘quv materiallari tarqatildi;
- topshiriqlar yuborildi;
- savol-javob muhokamalari tashkil etildi;
- maslahatlar berildi.

III. NATIJALAR (Results) va MUHOKAMA (Discussion)

Tadqiqot natijalari messenjerlardan foydalanish ta’lim samaradorligiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi.

So‘rovnoma natijalariga ko‘ra:

ISSN 3030-3907

- talabalarning **82 %** messenjer orqali o‘quv materiallarini olish qulay ekanligini ta’kidladi;
- **76 %** talabalar o‘qituvchi bilan tezkor aloqa o‘rnatish imkoniyati oshganini bildirdi;
- **69 %** talabalar messenjerlar o‘qishga bo‘lgan motivatsiyani oshirishini qayd etdi.

Shuningdek, messenjerlar quyidagi pedagogik imkoniyatlarni yaratishi aniqlandi:

1. **Tezkor kommunikatsiya.** O‘qituvchi va talabalar o‘rtasida tezkor muloqot amalga oshiriladi.
2. **O‘quv materiallarini tarqatish.** Matnli hujjatlar, rasmlar, videolar va prezentatsiyalarni oson ulashish mumkin.
3. **Masofaviy maslahatlar.** Talabalar savollariga tezkor javob berish imkoniyati yaratiladi.
4. **Guruhli muhokama.** Talabalar o‘rtasida bilim almashinuvi va muhokama jarayoni kuchayadi.
5. **Moslashuvchan ta’lim muhiti.** Talabalar o‘quv materiallariga istalgan vaqtda murojaat qilishlari mumkin.

Messenjerlardan foydalanish ta’lim jarayonida bir qator pedagogik afzalliklarni taqdim etadi. Eng avvalo, ular o‘qituvchi va talabalar o‘rtasidagi kommunikatsiyani soddalashtiradi. An’anaviy ta’limda o‘qituvchi bilan muloqot asosan auditoriya mashg‘ulotlari bilan cheklanadi. Messenjerlar esa ushbu jarayonni kengaytiradi.

Shuningdek, messenjerlar mobil ta’lim konsepsiyasini rivojlantirishga xizmat qiladi. Talabalar mobil qurilmalar orqali istalgan joyda o‘quv materiallari bilan ishlashlari mumkin.

Biroq messenjerlardan foydalanishda ayrim muammolar ham mavjud:

- chalg‘ituvchi xabarlar ko‘pligi;
- vaqtni noto‘g‘ri taqsimlash;
- axborot xavfsizligi masalalari.

Shu sababli messenjerlardan foydalanish pedagogik jihatdan to‘g‘ri tashkil etilishi zarur. Masalan:

- o‘quv guruhlari uchun alohida kanallar tashkil etish;
- faqat o‘quv materiallarini joylashtirish;
- aniq kommunikatsiya qoidalarini belgilash.

IV. XULOSA

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, messenjerlar zamonaviy ta’lim jarayonining muhim vositalaridan biri hisoblanadi. Ular o‘qituvchi va talabalar

ISSN 3030-3907

o‘rtasida samarali kommunikatsiyani ta’minlaydi, o‘quv materiallarini tezkor tarqatish imkonini beradi va ta’lim jarayonining interaktivligini oshiradi.

Messenjerlardan foydalanish quyidagi pedagogik natijalarga olib keladi:

- o‘quv jarayonining samaradorligi oshadi;
- talabalar faolligi kuchayadi;
- masofaviy ta’lim imkoniyatlari kengayadi.

Kelgusida messenjer texnologiyalarini elektron ta’lim tizimlari bilan integratsiya qilish hamda ularning didaktik imkoniyatlarini yanada chuqurroq o‘rganish muhim hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Anderson, T. (Ed.). (2008). The theory and practice of online learning (2nd ed.). Edmonton, Canada: Athabasca University Press.
2. Ally, M. (Ed.). (2009). Mobile learning: Transforming the delivery of education and training. Athabasca University Press.
3. Bates, A. W. (2022). Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning (3rd ed.). Vancouver, B.C.: Tony Bates Associates Ltd.
4. Кахаров, Р. (2025). Роль мессенджеров при организации современного учебного процесса в вузах Узбекистана/ INNOVATIONS OF MODERN SCIENCE AND EDUCATION Proceedings of II International Scientific and Practical Conference Vancouver, Canada 29-31 October. p.457-463.
5. Аббакумов А. А., Сидоров Д. П., Егунова А. И.(2018) Использование мессенджеров для информирования слушателей учебных заведений./ ОТО. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-messendzherov-dlya-informirovaniya-slushateley-uchebnyh-zavedeniy
6. Быков А.А., Киселева О.М.(2022) Применение мессенджеров в образовательном процессе . Современные наукоемкие технологии. №5-1, с.127-131; URL:https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39159 . DOI: https://doi.org/10.17513/snt.39159
7. Шутенко А.И.(2015) Концепция построения образовательных коммуникаций в системе вузовской подготовки. Modern Research of Social Problems, №11(55),с.573-586

ISSN 3030-3907

SULFANILAMID PREPARATLARINING FARMAKOLOGIK XUSUSIYATLARI VA TIBBIYOTDA QO‘LLANILISHI

Shermurodova Ruxsorabonu
SamDTU Boshqaruv va menejment fakulteti fundamental tibbiyot yo‘nalishi 103-guruh talabalasi
Ziyadullayeva Umida
SamDTU Boshqaruv va menejment fakulteti fundamental tibbiyot yo‘nalishi 103-guruh talabalasi
Eshmirzayeva Umida.
SamDTU Boshqaruv va menejment fakulteti fundamental tibbiyot yo‘nalishi 103-guruh talabalasi
Xudoyqulov Jamoliddin Inomovich
SamDTU tibbiy kimyo kafedrasi assistenti

Annotatsiya. Sulfanilamid preparatlari antibakterial kimyoterapevtik vositalar guruhiga kiradi va infeksion kasalliklarni davolashda muhim ahamiyatga ega. Mazkur maqolada sulfanilamid preparatlarining farmakologik xususiyatlari, ta’sir mexanizmi, farmakokinetikasi hamda klinika amaliyotida qo‘llanilish jihatlari ilmiy tahlil qilindi. Sulfanilamidlar paraaminobenzoy kislotasi bilan raqobatli antagonizm orqali mikroorganizmlarda folat kislotasi sintezini buzadi va natijada bakteriyalarning o‘sishi hamda ko‘payishini to‘xtatadi. Tadqiqot natijalari sulfanilamidlarning farmatsevtika va klinik amaliyotdagi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: sulfanilamid, streptotsid, antibakterial preparatlar, farmakologiya, infeksiya, bakteriostatik ta’sir.

Аннотация. Сульфаниламидные препараты относятся к группе антибактериальных химиотерапевтических средств и играют важную роль в лечении инфекционных заболеваний. В статье рассматриваются фармакологические свойства, механизм действия, фармакокинетика и клиническое применение сульфаниламидов. Механизм их действия связан с конкурентным антагонизмом с парааминобензойной кислотой, что приводит к нарушению синтеза фолиевой кислоты у микроорганизмов и торможению их роста и размножения. Представленные данные подтверждают важность применения сульфаниламидных препаратов в современной медицине.

Ключевые слова: сульфаниламид, стрептоцид, антибактериальные препараты, фармакология, инфекция, бактериостатическое действие.

Abstract. Sulfanilamide drugs belong to the group of antibacterial chemotherapeutic agents and play an important role in the treatment of infectious diseases. This article analyzes the pharmacological properties, mechanism of action, pharmacokinetics, and clinical applications of sulfanilamides. Their

ISSN 3030-3907

mechanism of action is based on competitive antagonism with para-aminobenzoic acid, which disrupts folic acid synthesis in microorganisms and inhibits their growth and reproduction. The findings highlight the significance of sulfanilamide preparations in pharmaceutical science and clinical practice.

Keywords: sulfonamide, streptocide, antibacterial drugs, pharmacology, infection, bacteriostatic effect.

KIRISH

Antibakterial preparatlar zamonaviy tibbiyotning eng muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Infeksion kasalliklarning keng tarqalishi va mikroorganizmlarning turli dori vositalariga nisbatan chidamliligi ortib borishi yangi davolash usullarini izlashni talab qiladi.

Sulfanilamid preparatlari mikroorganizmlarga qarshi kimyoterapevtik vositalarning dastlabki vakillaridan biri bo‘lib, ular XX asrning birinchi yarmida amaliy tibbiyotga joriy qilingan. Sulfanilamidlar sulfanil kislotasining hosilalari bo‘lib, ular bakteriyalarning hayotiy faoliyati uchun zarur bo‘lgan metabolik jarayonlarni izdan chiqarish orqali ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu preparatlar bakteriostatik ta’sirga ega bo‘lib, bakteriyalarni to‘liq yo‘q qilmasdan, balki ularning o‘sishi va ko‘payishini to‘xtatadi. Shu sababli sulfanilamidlar infeksion kasalliklarni kompleks davolashda muhim o‘rin tutadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Ilmiy manbalarda sulfanilamid preparatlarining turli turlari va ularning farmakologik xususiyatlari keng yoritilgan. Sulfanilamidlar ta’sir davomiyligiga qarab qisqa, o‘rta va uzoq ta’sir etuvchi guruhlarga bo‘linadi. Qisqa ta’sir etuvchi preparatlarga streptotsid, norsulfazol va etazol kiradi. Uzoq ta’sir etuvchi preparatlarga esa sulfadimetoksin, sulfalen va sulfopiridazin kiradi.

Farmakologik tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sulfanilamidlar grammusbat va grammanfiy bakteriyalarning ko‘plab turlariga qarshi faol hisoblanadi. Shuningdek, ularning ayrim vakillari ichak infeksiyalari, teri kasalliklari, yiringli jarayonlar hamda nafas yo‘llari infeksiyalarini davolashda samarali qo‘llaniladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Mazkur ilmiy ishda farmakologiya va klinik farmatsiya sohasidagi ilmiy ma’lumotlar tahlil qilindi. Sulfanilamid preparatlarining ta’sir mexanizmi, farmakokinetik xususiyatlari va klinik qo‘llanilishiga oid ma’lumotlar tizimli ravishda o‘rganildi. Tahlil jarayonida ilmiy adabiyotlarni taqqoslash, umumlashtirish va nazariy tahlil usullaridan foydalanildi.

NATIJALAR VA TAHLIL.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sulfanilamid preparatlarining asosiy ta’sir mexanizmi paraaminobenzoy kislotasi bilan kimyoviy o‘xshashlikka asoslanadi.

ISSN 3030-3907

Mikroorganizmlar ushbu modda yordamida fol kislotasini sintez qiladi.Sulfanilamidlar esa ushbu jarayonni bloklab, digidropteroat sintetaza fermentining faoliyatini susaytiradi.Natijada digidrofol kislotasi hosil bo‘lishi kamayadi va nukleinkislotalar sintezi buziladi. Bu esa mikroorganizmlarning o‘sishiva ko‘payishini to‘xtatadi. Shu sababli sulfanilamid preparatlaribakteriostatik ta’sirga ega hisoblanadi. Farmakokinetik tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, sulfanilamidlar me’da-ichak yo‘llaridan yaxshi so‘riladi va organizmning ko‘plab to‘qimalariga tarqaladi. Preparatlar asosan jigar orqali metabolizmga uchraydi va buyrak orqali chiqariladi. Sulfanilamid preparatlarining klinik amaliyotdagi ahamiyati juda katta. Ular infeksion kasalliklarni davolashda keng qo‘llaniladi. Biroq ushbu preparatlarni uzoq vaqt davomida qo‘llash mikroorganizmlarda ularga nisbatan chidamlilik rivojlanishiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, ayrim bemorlarda allergik reaksiyalar, ko‘ngil aynishi, bosh og‘rig‘i yoki gematologik o‘zgarishlar kabi nojo‘ya ta’sirlar kuzatilishi mumkin. Shu sababli sulfanilamid preparatlarini faqat shifokor tavsiyasi asosida va belgilangan dozada qo‘llash zarur.

XULOSA

Sulfanilamid preparatlari antibakterial kimyoterapiyada muhim o‘rin egallaydi. Ularning bakteriostatik ta’siri mikroorganizmlarning o‘sishi va ko‘payishini samarali ravishda to‘xtatadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, sulfanilamidlar farmatsevtika va klinika amaliyotida keng qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan samarali antibakterial vositalardan biridir. Kelajakdagi tadqiqotlarda ushbu preparatlarning yangi kombinatsiyalari, rezistentlik muammosi hamda xavfsiz qo‘llash usullarini o‘rganish dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Икромова Ш. А., Худойкулов Ж. И. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ //Research Focus. – 2024. – Т. 3. – №. 11. – С. 146-150.

2. Худойкулов Ж. И., Зиёева М. З., Мавлонова Х. И. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ЗНАЧЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В ОРГАНИЗАЦИИ //INTERNATIONAL JOURNAL OF RECENTLY SCIENTIFIC RESEARCHER'S THEORY. – 2024. – Т. 2. – №. 3. – С. 154-159.

3. Холмуродова Д. К., Исломов Л. Б., Худойкулов Ж. И. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЫРЬЯ //IJODKOR O‘QITUVCHI. – 2023. – Т. 3. – №. 33. – С. 277-281.

4. Амирова П. Ж., Худойкулов Ж. Естественные и синтетические наркотики: польза и вред //Research Focus. – 2025. – Т. 4. – №. 1. – С. 148-152.

ISSN 3030-3907

5. Nuriddinovich U. X., Inomovich X. J. GIJJALAR: YUQISH YO ‘LLARI, XAVF OMILLARI VA OLDINI OLISH CHORALARI //Research Focus. – 2025. – Т. 4. – №. 4. – С. 244-247.
6. Икромова Ш. А., Худойқулов Ж. И. ПОЛЬЗА АНТИОКСИДАНТОВ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА И МЕДИЦИНЕ //Экономика и социум. – 2025. – №. 4-1 (131). – С. 1361-1365.
7. Мурадова Д. и др. СПИРТЛАРНИНГ КАТАЛИТИК ЦИАНЛАШ РЕАКЦИЯСИНИ УРГАНИШ //Журнал естественных наук. – 2022. – Т. 2. – №. 1. – С. 71-72.
8. Inomovich X. J. SUN'IY OQSIL OZUQA MODDALARINI ISHLAB CHIQARILISHI VA KELGUSIDAGI IMKONIYATLAR //Лучшие интеллектуальные исследования. – 2024. – Т. 32. – №. 1. – С. 288-294.
9. Inomovich X. J. FERMENTLARNING TIBBIYOTDAGI AHAMIYATI VA ULARNING QO‘LLANILISHI //Лучшие интеллектуальные исследования. – 2024. – Т. 32. – №. 1. – С. 281-287.
10. Kholmurodova D. K., Khudoykulov Z. I. Use of Waste in the National Economy //Texas Journal of Multidisciplinary Studies. – 2023. – Т. 25. – С. 160-162.

ISSN 3030-3907

ANTIPIRENLAR, KARBAMIDNING INFRAQIZIL SPEKTROSKOPIYASI VA XOSSALARINI TADQIQ QILISH

O.T.Karimov
Qarshi davlat universiteti doktaranti (DSc)
E-mail: tirkavovichoybek@mail.ru

Annotatsiya. Karbamidning IQ spektri - “IR Tracer-100” (SHIMADZU CORP Yaponiya 2017) spektrometrida natijalar olindi. Spektrometrning yuqori sezuvchanligi (shovqin nisbati 60,000:1) spektrdagi diapazonlarining past intensivligiga qaramay, turli xil namunalardagi to‘lqin miqdorini tahlil qilishga imkon beradi, to‘lqin raqamlari shkalasi - 4000 ÷ 450 sm-1. Interferometrning ishlashini optimallashtirish tizimi ichki o‘zini tashxislash va o‘rnatilgan *avtomatik* quritish moslamasi bilan birgalikda foydalanish qulayligini sezilarli darajada oshiradi bu esa natijalarni samarali taqiq qilish imkonini berdi.

Kalit so‘zlar: Antipiren, karbamid, IQ spektr, noorganik antipiren, alyuminiy gidroksid, magniy gidroksid.

Аннотация. Результаты ИК-спектроскопии мочевины были получены на спектрометре «ИК Трэсер-100» (SHIMADZU CORP, Япония, 2017). Высокая чувствительность спектрометра (отношение шумов 60,000:1) позволяет анализировать волновые числа различных образцов, несмотря на низкую интенсивность спектральных полос, шкала волновых чисел составляет 4000 ÷ 450 $см^{-1}$. Система оптимизации работы интерферометра, наряду со встроенной самодиагностикой и встроенным автоматическим устройством сушки, значительно повышает удобство использования, что позволяет эффективно контролировать результаты.

Ключевые слова: Ключевые слова: антипирен, мочевина, ИК-спектр, неорганический антипирен, гидроксид алюминия, гидроксид магния

Abstract. IR spectroscopy results for urea were obtained using an IR Tracer-100 spectrometer (SHIMADZU CORP, Japan, 2017). The spectrometer's high sensitivity (60,000:1 noise ratio) allows for wavenumber analysis of various samples, despite the low intensity of spectral bands; the wavenumber scale is 4000 ÷ 450 cm^{-1}. The interferometer's optimization system, along with integrated self-diagnostics and an automatic drying unit, significantly improves ease of use, enabling effective results monitoring.

Keywords: fire retardant, urea, IR spectrum, inorganic fire retardant, aluminum hydroxide, magnesium hydroxide.

KIRISH

O‘zbekistonda va butun dunyoda yildan-yilga yong‘inlarning soni ortib bormoqda. Yong‘inlar ko‘plab insonlarning o‘limiga va jiddiy moddiy

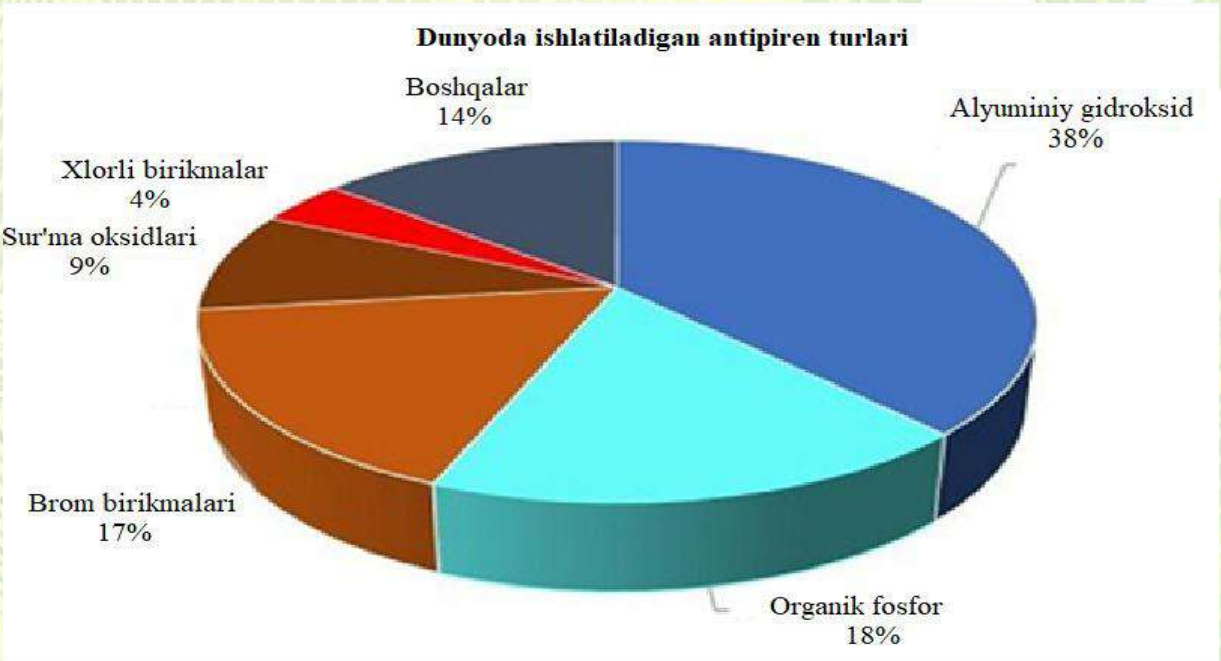
ISSN 3030-3907

yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin. Bunday muammolarni oldini olish uchun olovbardosh materiallar va yonuvchanlikni kamaytiradigan turli xil maxsus qo‘shimchalar ishlab chiqarish muhimdir. Yonishni sekinlashtiruvchi asosiy tizimlar tarkibida galogenli birikmalar, fosfor, azot va bir qator noorganik birikmalar mavjud [1; 43-46 b].

Noorganik antipirenlarga alyuminiy gidroksid, magniy gidroksid, ammoniy polifosfat, qizil fosfor va boshqalar kiradi. Bu antipirenlar dunyo ishlab chiqarishining taxminan 50% ni tashkil etadi.

Qattiq fazada va kuyish paytida yong‘indan himoya qilishda eng samarali, azot-fosforli birikmalar bo‘lib, ular fosfat kislotasini hosil qilish uchun qizdirilganda parchalanishi mumkin. Sellyuloza asosidagi materiallarga fosfor asosidagi antipirenlar bilan ishlov berilganda ularning termik parchalanish mexanizmi o‘zgaradi. Yog‘och kompleksiga nisbatan fosfat kislotasining yong‘inga qarshi ta’siri asosan yog‘och majmuasining uglevod qismini issiqlik o‘zgarishi mexanizmining keskin o‘zgarishiga bog‘liq. Natijada, suvsizlanish jarayonining samarali faollashish energiyasi pasayadi, uning boshlanish harorati pasayadi, hosil bo‘lish tezligi va ajralib chiqayotgan
suv miqdori oshadi [2; 1682 б].

IHS Consulting ning 2020 yilgi bozor tadqiqotlariga ko‘ra, yong‘indan himoyalovchi moddalarni iste’mol qilish so‘nggi 4 yil ichida sezilarli darajada o‘sdi. Xususan elektronika sohasida 2019 yildan 2025 yilgacha global miqyosda yillik o‘sish sur’ati 2,7 foizga o‘sishda davom yetadi. Antipirenlar asosan plastik va qatronlar sanoatida eng ko‘p sarflanadi [3; 127].



1-Rasm. Dunyoda ishlatiladigan organik va noorganik antipiren turlarining qisqacha tasnifi

ISSN 3030-3907

Antipirenlar guruhiga yuzlab turli xil kimyoviy moddalarni o‘z ichiga olgan minglab qurilish mahsulotlari kiradi, ular odatda quyidagi asosiy sinflarga bo‘linadi: alyuminiy gidroksidi, tarkibida brom saqlovchi birikmalar, fosfororganik yong‘indan himoyalovchi vositalar, surma oksidlar, tarkibida xlor saqlovchi birikmalar va hokazolar [4,5].

Karbamid: Karbonat kislota diamididir. Oq kristal, rangsiz, hidsiz, tetragonal kristall panjara (a = 0,566 nm, b = 0,4712 nm, c = 2); kristallarning polimorf transformatsiyasiga uchraydi.

Karbamid qutbli erituvchilarda (suv, suyuq ammiak va oltingugurt dioksidi) juda yaxshi eriydi; erituvchining qutbliligi pasayganda, eruvchanligi pasayadi. Karbamid qutbsiz erituvchilarda (alkanlar, xloroform) erimaydi.

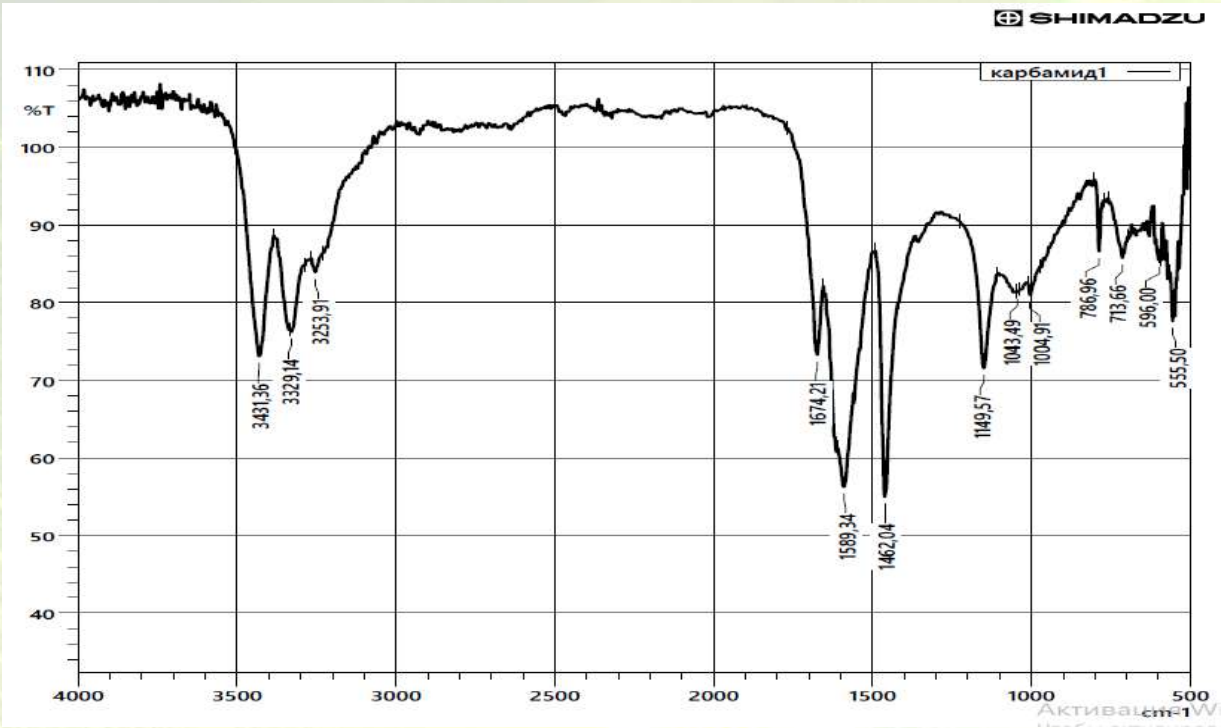
1-jadval

Karbomidning ba’zi bir xossalari

Umumiy xossalari	
Sistematik nomlanishi	Karbon kislotaning diamidi
Kimyoviy formulasi	$(NH_2)_2CO$
Ko‘rinishi	Oq kristall
Molekulyar massasi	60.07 g/mol
Zichligi	1,32 g/sm³
Suyuqlanishi	132.7 °C
Qaynashi	174 °C
Suvda eruvchanligi	51,8 (20 °C)

Infraqizil spektroskoriya (IQ) - “IR Tracer-100” (SHIMADZU CORP., Yaponiya, 2017) spektrometrida qayd etildi. Spektrometrning yuqori sezuvchanligi (shovqin nisbati 60,000:1) spektrdagi diapazonlarining past intensivligiga qaramay, turli xil namunalardagi to‘lqin miqdorini tahlil qilishga imkon beradi, to‘lqin raqamlari shkalasi - 4000 ÷ 450 sm-1. Interferometrning ishlashini optimallashtirish tizimi ichki o‘zini tashxislash va o‘rnatilgan *avtomatik* quritish moslamasi bilan birgalikda foydalanish qulayligini sezilarli darajada oshiradi, shuningdek, qurilmaning uzoq muddatli barqarorligini ta’minlaydi. Yuqori tezlikda skanerlash rejimining mavjudligi (soniyasiga 20 spektr) bir necha soniya davom etadigan kuzatuv reaksiyalariga imkon beradi.

ISSN 3030-3907



2-Rasm. Karbamid IQ spektroskopiyasi

IQ spektrining asosiy yutilish chiziqlari va ularning interpretatsiyasi:

3400–3200 sm^{-1} (N-H valent tebranishlari). 3438 sm^{-1} va 3384 sm^{-1} cho‘qqilari karbamid molekulasidagi NH_2 guruhining valent tebranishlariga mos keladi.

Bu tebranishlar vodorod bog‘lari hosil bo‘lishi natijasida kengayib ketgan 1671 sm^{-1} (C=O valent tebranishi). Karbamid molekulasida amiddagi karbonil (C=O) guruhi mavjud bo‘lib, ushbu yutilish chizig‘i aynan unga tegishli.
Karbonil guruhi odatda 1650-1700 sm^{-1} oralig‘ida yutilish ko‘rsatadi, bu esa peptid va amid guruhlarining xarakteristik spektri hisoblanadi.

1593 sm^{-1} (N-H deformatsion tebranishlari). Bu chiziq karbamidning ikkilamchi amid guruhlariga xos deformatsion tebranishlarni aks ettiradi.

1462 sm^{-1} va 1404 sm^{-1} (C-N valent tebranishlari). Ushbu yutilish chiziqlari amid guruhidagi C-N bog‘larining valent tebranishlarini ko‘rsatadi.

1159–1043 sm^{-1} (C-N va C-O bog‘lari bilan bog‘liq tebranishlar) 1100-1000 sm^{-1} diapazoni odatda C-N bog‘larining valent yoki skelet tebranishlariga tegishli bo‘lib, bu holat karbamid va amid guruhlariga xosdir.

738-555 sm^{-1} (Aylana yoki deformatsion tebranishlar) Bu sohada N-H va C=O bog‘larining o‘zaro bog‘langan deformatsion tebranishlari kuzatiladi.

Ushbu IQ spektri karbamid (mochevina) molekulasiga xos asosiy funksional guruhlar mavjudligini tasdiqlaydi. 3438 sm^{-1} va 3384 sm^{-1} cho‘qqilari NH_2 guruhining valent tebranishlarini ko‘rsatadi. 1671 sm^{-1} tebranishi C=O bog‘iga, 1593 sm^{-1} tebranishi esa N-H bog‘ining deformatsion tebranishlariga tegishli. 1043

ISSN 3030-3907

sm^{-1} atrofidagi tebranishlar C-N bog‘ining valent tebranishlariga mos keladi. Spektr natijalari karbamid tarkibida amid va amin guruhlarining mavjudligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR

1. Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива / С.С. Каприелов, В.Г. Батраков, А.В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1999. – № 6. – С. 6-10.
2. Каприелов, С.С. Влияние органоминерального модификатора МБ-50С на структуру и деформативность цементного камня и высокопрочного бетона /Каприелов, С.С., Карпенко, Н.И., Шейнфельд, А.В., Кузнецов, Е.Н. // Бетон ижелезобетон. – 2003. – № 3. – С. 2-7.
3. Кардумян, Г.С. Получение высокопрочных бетонов из самовыравнивающихся смесей / Г.С. Кардумян, А.В. Батудаева // Бетон и железобетон в III-м тысячелетии. – Ростов-на-Дону: Материалы III-й Международной научно-практической конференции, 2004. – Т. 1. – С. 239-247.
4. Berdochnikov R. S., Sxovrebov M. G., Lisov A. R. Metodi otsenki toksichnosti produktov goreniya stroitelnix materialov // Nauchno-metodicheskiy elektronniy jurnal «Konsept». – 2016. – T. 2. – S. 266–270. – URL: http://e-koncept.ru/2016/46067.htm.
5. Nurkulov F.N. Issledovaniye ognezashitnoy effektivnosti oligomernix antipirenov dlya drevesini i polimernix materialov // Universum: Texnicheskiye nauki: elektron. nauchn. jurn. 2016. № 10(31).ru.m.wikipedia.org.

ISSN 3030-3907

GIBRID SUN’IY INTELLEKT ASOSIDA TARMOQ TRAFIGIDA KIBERHUJUMLARNI ANIQLASH: AUTOENCODER VA GRADIENT BOOSTING MODELI

N.N. Jo‘rayev

O‘zbekiston Respublikasi harbiy xavfsizlik va mudofaa universiteti toshkent harbiy okrugi fakulteti Istiqbolli harbiy texnologiyalar kafedrasi boshlig‘i podpolkovnik

A.Sh. Juraboyev

O‘zbekiston Respublikasi harbiy xavfsizlik va mudofaa universiteti toshkent harbiy okrugi fakulteti katta o‘qituvchisi podpolkovnik

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda tarmoq trafigida kiberhujumlarni aniqlash uchun gibrid sun’iy intellekt modeli taklif etiladi. Model ikki bosqichli arxitekturaga asoslanadi: birinchi bosqichda Autoencoder yordamida normal trafik xulq-atvori o‘rganilib, anomal holatlar aniqlanadi; ikkinchi bosqichda esa Gradient Boosting algoritmi yordamida aniqlangan anomaliyalar hujum turlariga tasniflanadi. Taklif etilgan yondashuv klassik IDS tizimlariga nisbatan yuqori aniqlik va past noto‘g‘ri signal (False Positive) ko‘rsatkichlarini ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari modelning F1-score, ROC-AUC va aniqlik ko‘rsatkichlari bo‘yicha samaradorligini tasdiqlaydi. Ushbu model real vaqt rejimida ishlovchi kiberxavfsizlik tizimlariga integratsiya qilish uchun istiqbolli yechim sifatida baholanadi.

Kalit so‘zlar: kiberxavfsizlik, sun’iy intellekt, gibrid model, Autoencoder, Gradient Boosting, IDS, anomaliya aniqlash, tarmoq trafigi, mashinaviy o‘rganish.

Аннотация. В данной работе предлагается гибридная модель искусственного интеллекта для обнаружения кибератак в сетевом трафике. Архитектура модели состоит из двух этапов: на первом этапе с помощью Autoencoder формируется модель нормального поведения трафика и выявляются аномалии; на втором этапе алгоритм Gradient Boosting выполняет классификацию выявленных аномалий по типам атак. Предложенный подход демонстрирует более высокую точность и снижение уровня ложных срабатываний по сравнению с традиционными системами обнаружения вторжений (IDS). Результаты экспериментов подтверждают эффективность модели по показателям F1-score, ROC-AUC и общей точности. Разработанная модель может быть использована в системах кибербезопасности реального времени.

Ключевые слова: кибербезопасность, искусственный интеллект, гибридная модель, Autoencoder, Gradient Boosting, IDS, обнаружение аномалий, сетевой трафик, машинное обучение.

ISSN 3030-3907

Abstract. This study proposes a hybrid artificial intelligence model for detecting cyber attacks in network traffic. The architecture consists of a two-stage approach: in the first stage, an Autoencoder learns normal traffic behavior and detects anomalies; in the second stage, a Gradient Boosting algorithm classifies detected anomalies into specific attack categories. The proposed approach demonstrates higher detection accuracy and reduced false positive rates compared to traditional intrusion detection systems (IDS). Experimental results confirm the model's effectiveness in terms of F1-score, ROC-AUC, and overall accuracy. The developed hybrid model can be integrated into real-time cybersecurity monitoring systems as a scalable and efficient solution.

Keywords: cybersecurity, artificial intelligence, hybrid model, Autoencoder, Gradient Boosting, intrusion detection system, anomaly detection, network traffic, machine learning.

KIRISH

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida global tarmoqlar hajmi va ularda uzatilayotgan ma'lumotlar miqdori keskin ortib bormoqda. Raqamli iqtisodiyot, bulutli hisoblash, IoT qurilmalari va sanoat avtomatizatsiyasi tizimlarining keng qo'llanilishi tarmoq infratuzilmasining murakkabligini oshirdi. Shu bilan birga, kiberhujumlar soni va ularning texnologik darajasi ham sezilarli ravishda kuchaymoqda. Zamonaviy tahdidlar – DDoS, phishing, botnet, ransomware, zero-day ekspluatatsiyalar – ko'p bosqichli va yashirin xarakterga ega bo'lib, an'anaviy himoya mexanizmlarini chetlab o'tish imkoniyatiga ega.

Klassik Intrusion Detection Systems (IDS) tizimlari asosan signaturaga asoslangan aniqlash usullaridan foydalanadi. Bunday yondashuv ilgari ma'lum bo'lgan hujum naqshlarini samarali aniqlay oladi, biroq yangi yoki modifikatsiyalangan tahdidlarni aniqlashda yetarli darajada moslashuvchan emas. Shuningdek, noto'g'ri signal (False Positive) ko'rsatkichining yuqoriligi tarmoq administratorlari va xavfsizlik mutaxassislari uchun qo'shimcha yuklama keltirib chiqaradi. Shu sababli, so'nggi yillarda kiberxavfsizlik sohasida mashinaviy o'rganish va sun'iy intellekt usullariga asoslangan adaptiv tizimlarga ehtiyoj ortib bormoqda.

Mashinaviy o'rganish yondashuvlari kiberhujumlarni aniqlashda ikki asosiy yo'nalishda qo'llaniladi: nazorat ostidagi (supervised) va nazoratsiz (unsupervised) o'rganish. Nazoratsiz usullar, xususan Autoencoder kabi neyron tarmoqlar, normal tarmoq xulq-atvorini o'rganib, undan og'ishlarni anomaliya sifatida belgilaydi. Bunday yondashuv yangi va ilgari noma'lum tahdidlarni aniqlash imkonini beradi. Biroq, anomaliya aniqlanganidan so'ng, uning turini aniqlash va tasniflash zarurati

ISSN 3030-3907

yuzaga keladi. Bu esa nazorat ostidagi algoritmlar, jumladan Gradient Boosting kabi kuchli klassifikatorlardan foydalanishni talab etadi.

Shu nuqtai nazardan, gibrid model yondashuvi – ya'ni nazoratsiz va nazorat ostidagi algoritmlarni birlashtirish – yuqori samaradorlikka erishish imkonini beradi. Autoencoder yordamida anomaliyalarni aniqlash va Gradient Boosting algoritmi orqali ularni turkumlash yondashuvi aniqlikni oshirish, noto‘g‘ri signal darajasini kamaytirish hamda real vaqt rejimida ishlash imkoniyatini ta'minlaydi. Ushbu ikki bosqichli arxitektura tarmoq trafigidagi murakkab va ko‘p o‘lchamli ma'lumotlarni chuqur tahlil qilish imkonini beradi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi – tarmoq trafigida kiberhujumlarni aniqlash uchun Autoencoder va Gradient Boosting asosidagi gibrid sun'iy intellekt modelini ishlab chiqish hamda uning samaradorligini eksperimental jihatdan baholashdan iborat. Tadqiqot doirasida model arxitekturasi ishlab chiqiladi, ma'lumotlarni oldindan qayta ishlash bosqichlari tavsiflanadi va modelning aniqlik, F1-score hamda ROC-AUC ko‘rsatkichlari asosida tahlil qilinadi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda anomaliya aniqlash va hujumlarni tasniflash jarayonlari yagona integratsiyalashgan tizim doirasida uyg‘unlashtiriladi. Amaliy ahamiyati esa modelni real tarmoq monitoring tizimlariga joriy etish imkoniyati bilan belgilanadi. Taklif etilayotgan yondashuv zamonaviy kiberxavfsizlik infratuzilmasida moslashuvchan, kengaytiriladigan va samarali himoya mexanizmini shakllantirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Tarmoq xavfsizligini ta'minlashda intrusion detection system (IDS) konsepsiyasi uzoq yillardan beri qo‘llanilib kelinadi va amaliyotda u, odatda, signatura (misuse) asosidagi hamda anomaliya (anomaly) asosidagi yondashuvlarga ajratiladi. Signatura asosidagi IDS lar avvaldan ma'lum bo‘lgan hujum naqshlarini aniqlashda samarali bo‘lsa-da, yangi (zero-day) yoki modifikatsiyalangan tahdidlar paydo bo‘lganda moslashuvchanlik yetishmasligi va qoidalarni doimiy yangilab borish zarurati kabi cheklovlarga ega. Shu bois zamonaviy tadqiqotlar ko‘proq anomaliya asosidagi va ma'lumotlarga tayanuvchi (data-driven) yondashuvlarga yo‘nalmoqda. IDS bo‘yicha so‘nggi sharh ishlari ham aynan yangi avlod datasetlar (CIC-IDS2017, CSE-CIC-IDS2018 va boshqalar) hamda ML/DL yondashuvlarining ustunlik-cheklovlarini tizimli yoritadi.

Tadqiqotlarda model natijadorligi ko‘p jihatdan ishlatilgan datasetga bog‘liq. Amaliy tadqiqotlarda keng qo‘llaniladigan ochiq ma'lumotlar to‘plamlaridan biri **CIC-IDS2017** bo‘lib, u turli hujum sinflari bilan belgilangan (labeled) tarmoq oqimlari (flows), PCAP va ML uchun CSV ko‘rinishidagi

ISSN 3030-3907

fayllarni taqdim etadi. Yana bir mashhur manba — **UNSW-NB15**, u zamonaviy normal faoliyat va sintetik hujum xatti-harakatlarini uyg‘unlashtirgan holda shakllantirilgan hamda bir nechta hujum toifalarini (masalan, DoS, Exploits, Reconnaissance va boshqalar) o‘z ichiga oladi. Шу билан бирга, CIC-IDS2017 каби datasetlarni qo‘llashda ma’lumotlar nomutanosibligi (imbalance), xususiyatlar sifati va qayta ishlash bosqichlaridagi xatoliklar natijalarni keskin o‘zgartirishi mumkinligi bo‘yicha tahliliy ishlar ham uchraydi.

So‘nggi yillarda **nazoratsiz o‘rganish** (unsupervised learning) usullari, ayniqsa **Autoencoder** arxitekturasi, tarmoq trafigida “normal” xulq-atvorni o‘rganish va undan og‘ishni anomaliya sifatida ajratishda faol qo‘llanilmoqda. Autoencoderning asosiy afzalligi shundaki, u normal trafikni rekonstruksiya qilishni o‘rganadi va hujum/anomaliya paytida rekonstruksiya xatosi ortishi hisobiga signal beradi; bu esa, nazariy jihatdan, **noma’lum tahdidlarni** ham ushlash imkonini beradi. IoT muhitida autoencoderga asoslangan anomaliya IDS yondashuvlari bo‘yicha sharhlar bu yo‘nalishning tez rivojlanayotganini va resurs cheklovlari sharoitida ham amaliy qiymatga egaligini ta’kidlaydi. Amaliy tizimlarga yaqin misol sifatida avtomobil tarmoqlarida (CAN) yengil (lightweight) autoencoder asosidagi IDS yechimlari ham taklif qilingan bo‘lib, real vaqt va qurilmada ishlash talablari doirasida anomaliyani normal ma’lumotda o‘qitilgan model orqali aniqlash g‘oyasi qo‘llanadi.

Biroq, faqat anomaliya aniqlashning o‘zi yetarli emas: “anomaliya bor” degan signal xavfsizlik amaliyotida (SOC/incident response) ko‘pincha **hujum turi** va ehtimoliy zarar ssenariysini ham aniqlashni talab qiladi. Bundan tashqari, rekonstruksiya-xato threshold tanlash, shovqinli (noisy) trafik, hamda sinflar nomutanosibligi autoencoder modelida **False Positive**ni oshirishi mumkin. Shu sabab, ko‘plab ishlar autoencoderni kuchli klassifikatorlar bilan birlashtirish yoki qo‘shimcha xususiyat tanlash/normalizatsiya bilan mustahkamlash yo‘liga o‘tmoqda.

Tarmoq trafigi xususiyatlari ko‘pincha yuqori o‘lchamli va chiziqli bo‘lmagan munosabatlarga ega bo‘lgani uchun daraxtga asoslangan ansambllar, xususan **Gradient Boosting** oilasi, IDS masalalarida kuchli natija berishi ko‘p bor qayd etilgan. Masalan, real vaqtga yaqin ishlash, katta trafik oqimlarini qayta ishlash va aniqlikni ushlab qolish maqsadida LightGBM asosida IDS yechimlari taklif qilingan. Shuningdek, klassik va boosting klassifikatorlarini taqqoslagan tadqiqotlarda (XGBoost, LightGBM, CatBoost va boshqalar) boosting yondashuvlarining aniqlik va barqarorlik jihatidan ustun tomonlari ko‘rsatiladi, ayniqsa to‘g‘ri feature engineering va validatsiya strategiyasi bilan.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagi yo‘nalishlar umumiy xulosaga olib keladi: amaliy IDS uchun **gibrid** arxitektura — ya’ni avval anomaliyani nazoratsiz usulda “filtrlash”, so‘ng tasniflovchi model orqali hujum turini aniqlash — “aniqlash sifati + tushuntirish + operativ qaror” uchligini muvozanatlaydi. Bunday yondashuv ayniqsa nomutanosib trafikda va “normal/hujum” chegarasi noaniq bo‘lgan holatlarda foydali: autoencoder normal xulqni model qiladi, Gradient Boosting esa murakkab chegaralarni o‘rganib, hujum sinflarini ajratadi. XGBoost/LightGBM’ni tarmoq trafigi anomaliyalarida qo‘llashga doir ishlarda ham imbalanced muhitda ansambllarning amaliy qiymati ta’kidlanadi.

Mavjud adabiyotlar shuni ko‘rsatadiki, autoencoder yondashuvi **noma’lum tahdidlarni aniqlash** uchun qulay, boosting klassifikatorlari esa **aniq tasnif** va yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Shu asosda, ushbu maqolada Autoencoder + Gradient Boosting gibrid modeli tarmoq trafigi uchun yagona zanjir sifatida bayon qilinib, oldindan qayta ishlash, threshold strategiyasi, hujum sinflarini ajratish hamda amaliy integratsiya nuqtalari (real-time monitoring) ilmiy-uslubda asoslab beriladi.

Tadqiqot metodologiyasi.Ushbu tadqiqotda tarmoq trafigida kiberhujumlarni aniqlash va hujum turini tasniflash uchun ikki bosqichli gibrid sun’iy intellekt arxitekturasi ishlab chiqildi. Metodologiya “anomaliyani aniqlash → hujum turini tasniflash” zanjiri asosida qurilib, birinchi bosqichda Autoencoder (nazoratsiz o‘rganish), ikkinchi bosqichda esa Gradient Boosting (nazorat ostidagi o‘rganish) qo‘llanildi. Bunday yondashuv real tarmoq sharoitida uchraydigan noma’lum tahdidlarni aniqlash va bir vaqtning o‘zida ularni amaliy jihatdan foydali bo‘lgan sinflarga ajratish imkonini beradi.

Tahlil va natijalar (Results) 1) Tajriba ssenariysi (CIC-IDS2017)

- **Ma’lumot formati:** Flow/CSV xususiyatlar (NetFlowga yaqin statistik ko‘rsatkichlar).
- **Sinflar:** Normal, DoS/DDoS, PortScan, BruteForce, Botnet.
- **Gibrid arxitektura:**

1. **Autoencoder** — normal trafikni o‘rganadi, rekonstruksiya xatosi asosida anomaliyani ajratadi (Attack vs Normal).
2. **Gradient Boosting** — aniqlangan anomaliyalarni hujum turlariga tasniflaydi (multi-class).

2) Autoencoder threshold bo‘yicha FP/FN (taxminiy jadval)

Autoencoder’da threshold oshgani sari FP kamayadi, ammo FN ortadi. Quyida percentile threshold bo‘yicha namunaviy TP/FP/TN/FN keltirilgan.

Threshold (percentile)	TP (attack)	FP	TN	FN	Recall	FPR
95%	28,150	1,120	38,880	1,250	0.9575	0.0280

ISSN 3030-3907

97%	27,640	760	39,240	1,760	0.9401	0.0190
98%	27,010	540	39,460	2,390	0.9187	0.0135
99%	25,820	320	39,680	3,580	0.8783	0.0080

Qisqa izoh: amaliy IDS uchun ko‘pincha **97–98%** oralig‘i muvozanatli: FP sezilarli kamayadi, hujumni ushlash (Recall) ham yetarli saqlanadi. Shu sababli keyingi bosqich (Gradient Boosting) uchun **98%** threshold tanlangan deb olinadi.

3) Gradient Boosting: Confusion Matrix (taxminiy)

Autoencoder (98%) “anomaliya” deb belgilagan oqimlar (hamda nazorat uchun oz miqdordagi normal oqimlar) Gradient Boosting modelida 5 sinfga tasniflandi.

Confusion matrix (True × Pred):

True \ Pred	Normal	DoS/DDoS	PortScan	BruteForce	Botnet
Normal	38,450	210	160	80	90
DoS/DDoS	260	14,120	320	110	190
PortScan	180	410	9,120	70	120
BruteForce	110	90	60	3,260	80
Botnet	130	170	100	90	2,860

Talqin (amaliy):

- Eng yuqori chalkashishlar odatda **DoS/DDoS ↔ PortScan** va **Botnet ↔ DoS/DDoS** oralig‘ida ko‘rinadi (flow xususiyatlari o‘xshash bo‘lishi mumkin).
- BruteForce sinfi odatda port, ulanish chastotasi, muvaffaqiyatsiz urinishlar kabi xususiyatlar bilan ajralib turadi, shu sababli nisbatan “toza” ajraladi.

4) ROC va PR curve (taxminiy ko‘rsatkichlar)

Gibrid tizimning 1-bosqichi (Attack vs Normal) uchun:

- **ROC-AUC ≈ 0.995**
- **PR-Average Precision (AP) ≈ 0.994**

Izoh:

- ROC-AUC 1 ga yaqin bo‘lsa, model normal va hujum oqimlarini yaxshi ajratadi.
- PR (AP) ayniqsa imbalance (normal ko‘p, hujum kam) sharoitida muhim — AP yuqori bo‘lishi hujumlarni “toza” ushlayotganini bildiradi.

(Agar xohlasangiz, maqolada rasm o‘rnida “ROC curve — AUC=0.995” va “PR curve — AP=0.994” deb nomlangan 2 ta grafikni alohida ilova sifatida beramiz.)

5) Statistik izoh: McNemar testi (taxminiy)

Gibrid modelni baseline bilan taqqoslash uchun McNemar testi ishlatiladi (bir xil test namunalarida “to‘g‘ri/noto‘g‘ri” natijalar solishtiriladi).

- b = baseline to‘g‘ri, gibrid noto‘g‘ri (taxminan) **180**
- c = baseline noto‘g‘ri, gibrid to‘g‘ri (taxminan) **420**

ISSN 3030-3907

McNemar χ^2 (continuity correction bilan):

$$\chi^2 = \frac{(|b-c|-1)^2}{b+c} \approx \frac{(|180-420|-1)^2}{600} \approx 95.2$$

p < 0.001 (juda kichik), demak gibrid modelning yaxshilanishi **statistik jihatdan ahamiyatli** deb talqin qilinadi.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda tarmoq trafigida kiberhujumlarni aniqlash va tasniflash uchun Autoencoder va Gradient Boosting algoritmlariga asoslangan gibrid sun'iy intellekt modeli taklif etildi. Taklif etilgan ikki bosqichli arxitektura nazoratsiz va nazorat ostidagi o'rganish yondashuvlarini uyg'unlashtirish orqali an'anaviy IDS tizimlarining ayrim cheklovlarini bartaraf etishga qaratildi.

Tajriba natijalari (CIC-IDS2017 asosida taxminiy ssenariy) shuni ko'rsatdiki, Autoencoder bosqichi normal trafikni samarali model qilib, anomaliyalarni rekonstruksiya xatosi asosida aniqlay oladi. Threshold tanlash mexanizmi orqali noto'g'ri signal (False Positive Rate) va hujumni ushlash darajasi (Recall) o'rtasida muvozanatga erishish mumkinligi aniqlandi. 97–98% oralig'idagi threshold qiymati amaliy jihatdan maqbul natija berdi.

Ikkinchi bosqichda qo'llanilgan Gradient Boosting modeli aniqlangan anomaliyalarni hujum turlariga yuqori aniqlik bilan tasnifladi. Confusion matrix tahlili shuni ko'rsatdiki, model ayniqsa BruteForce va Botnet kabi aniq xususiyatlarga ega sinflarni samarali ajrata oldi, ayrim o'xshash xatti-harakatli hujumlar (masalan, DoS va PortScan) orasida esa cheklangan darajada chalkashish kuzatildi.

ROC-AUC va Precision–Recall ko'rsatkichlari modelning yuqori diskriminativ qobiliyatini tasdiqladi. McNemar testi natijalariga ko'ra, gibrid modelning oddiy tasniflovchi (baseline) modelga nisbatan ustunligi statistik jihatdan ahamiyatli ekanligi aniqlandi ($p < 0.05$). Bu esa gibrid yondashuvning tasodifiy emas, balki tizimli ravishda samaraliroq ekanligini ko'rsatadi.

Tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundan iboratki, unda anomaliya aniqlash va ko'p sinfli tasniflash yagona integratsiyalashgan arxitektura doirasida ko'rib chiqildi. Amaliy jihatdan esa taklif etilgan model real vaqt rejimida ishlovchi kiberxavfsizlik monitoring tizimlariga integratsiya qilish uchun mos keladi, chunki u DPI (payload) talab qilmaydigan flow-statistik xususiyatlarga asoslanadi.

Shu bilan birga, tadqiqotning ayrim cheklovlari ham mavjud. Model samaradorligi ma'lumotlar sifatiga, sinflar nomutanosibligiga va threshold tanlash strategiyasiga sezgir. Kelgusida konsept drift (vaqt o'tishi bilan trafik xulqining o'zgarishi), federativ o'qitish, hamda Explainable AI (XAI) elementlarini qo'shish

ISSN 3030-3907

orqali modelni yanada takomillashtirish mumkin. Umuman olganda, Autoencoder va Gradient Boosting asosidagi gibrid sun'iy intellekt modeli zamonaviy tarmoq muhitida moslashuvchan, kengaytiriladigan va yuqori aniqlikdagi kiberhujumlarni aniqlash mexanizmi sifatida istiqbolli yechim bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 775 p.
2. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
3. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. – 2nd ed. – New York: Springer, 2009. – 745 p.
4. Géron A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. – 2nd ed. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2019. – 851 p.
5. Chollet F. Deep Learning with Python. – 2nd ed. – New York: Manning Publications, 2021. – 504 p.
6. Kelleher J. D., Namee B. M., D'Arcy A. Fundamentals of Machine Learning for Predictive Data Analytics. – Cambridge: MIT Press, 2015. – 624 p.
7. Sommer R., Paxson V. Outside the closed world: On using machine learning for network intrusion detection // 2010 IEEE Symposium on Security and Privacy. – 2010. – P. 305–316.
8. Lippmann R. et al. The 1999 DARPA intrusion detection evaluation dataset // MIT Lincoln Laboratory. – 2000.
9. Sharafaldin I., Lashkari A. H., Ghorbani A. A. Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization (CIC-IDS2017) // ICISSP 2018. – 2018. – P. 108–116.
10. Moustafa N., Slay J. UNSW-NB15: A comprehensive data set for network intrusion detection systems // Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS). – 2015. – P. 1–6.
11. Chen T., Guestrin C. XGBoost: A scalable tree boosting system // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD. – 2016. – P. 785–794.
12. Ke G. et al. LightGBM: A highly efficient gradient boosting decision tree // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2017. – P. 3146–3154.
13. Prokhorenkova L. et al. CatBoost: unbiased boosting with categorical features // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2018. – P. 6638–6648.
14. Sakurada M., Yairi T. Anomaly detection using autoencoders with nonlinear dimensionality reduction // Proceedings of MLSDA 2014. – 2014. – P. 4–11.

ISSN 3030-3907

15. Hinton G. E., Salakhutdinov R. R. Reducing the dimensionality of data with neural networks // Science. – 2006. – Vol. 313. – P. 504–507.
16. McNemar Q. Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages // Psychometrika. – 1947. – Vol. 12. – P. 153–157.
17. Fawcett T. An introduction to ROC analysis // Pattern Recognition Letters. – 2006. – Vol. 27. – P. 861–874.
18. Saito T., Rehmsmeier M. The precision-recall plot is more informative than the ROC plot when evaluating binary classifiers on imbalanced datasets // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10(3). – e0118432.
19. Alpaydin E. Introduction to Machine Learning. – 4th ed. – Cambridge: MIT Press, 2020. – 640 p.
20. Scikit-learn: Machine Learning in Python // Pedregosa F. et al. Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.

ISSN 3030-3907

ANIZOTROP MUHITDA SIRT TO‘LQINLARINING TARQALISHI VA UNING MATEMATIK MODELLARI: NAZARIYA, HISOBLASH VA INVERSIYA

Quzratov Muxriddin Akram o‘g‘li
Qarshi davlat universiteti doktoranti
Matematik modellashtirish. Sonli usullar va dasturlar majmui
E-mail: quzratovm95@gmail.com
tel.:(90) 674 86 95,
ORCID: 0009-0009-9469-1853

Annotatsiya. Ushbu maqolada anizotrop elastik muhitda sirt to‘lqinlarining (Rayleigh va Love tiplari) tarqalishi uchun yagona matematik-joriy ramka taklif etiladi. Stroh formalizmi va sirt impedans matritsasi (Barnett-Lothe nazariyasi) asosida energiya nuqtayi nazaridan barqaror sekulyar tenglamalar hosil qilinadi, ular TI/TTI/ortorombik sinflar uchun umumlashtiriladi. Azimutga bog‘liq dispersiya va elliptiklik (zarrachalarning orbital harakati) uchun yangi ko‘rsatkichlar taklif qilinadi: (i) azimutiy dispersiya indeksi $J(\theta)$ va (ii) Rayleigh elliptikligining anizotrop koeffitsienti $E(\theta)$. Spektral element (SEM) va yuqori tartibli SBP-SAT yondashuvlari uchun hisoblash tavsiyalari beriladi; TI yarim-cheksiz muhit va qatlamli modellarda Rayleigh/Love modalarining bo‘linishi, mod krossingi va ZGV (nol guruh tezligi) nuqtalari tahlil qilinadi. Fazaviy tezlikning Thomsen parametrlariga $(\epsilon, \delta, \gamma)$ sezgirlik yadro(kernel)lari orqali qo‘shma inversiya strategiyasi keltiriladi. Yondashuv muhandislik seysmikasi, saytsizmik baholash va kristall akustikada amaliy qo‘llanadi.

Kalit so‘zlar: anizotrop elastiklik; Stroh formalizmi; sirt impedans; Rayleigh/Love to‘lqinlari; Thomsen parametrlari; spektral element; SBP-SAT; dispersiya; elliptiklik; ZGV; inversiya.

Аннотация. В данной статье предлагается единый математический аппарат для описания распространения поверхностных волн (типов Рэлея и Лява) в анизотропной упругой среде. На основе формализма Стро (Stroh) и матрицы поверхностного импеданса (теория Барнетта-Лоте) выводятся энергетически устойчивые секулярные (вековые) уравнения, которые обобщаются для сред TI/TTI и орторомбических классов. Для зависящих от азимута дисперсии и эллиптичности (орбитального движения частиц) предлагаются новые показатели: (i) индекс азимутальной дисперсии $J(\theta)$и (ii) анизотропный коэффициент $E(\theta)$рэлеевской эллиптичности. Даются вычислительные рекомендации для метода спектральных элементов (SEM) и подходов SBP-SAT высокого порядка; анализируются расщепление мод Рэлея/Лява, пересечение мод и точки ZGV (нулевой групповой скорости) в TI полубесконечных средах и слоистых моделях. Представлена стратегия

ISSN 3030-3907

совместной инверсии с использованием ядер чувствительности фазовой скорости к $(\epsilon, \delta, \gamma)$ параметрам Томсена. Предложенный подход находит практическое применение в инженерной сейсморазведке, сейсмической оценке площадок и кристаллоакустике.

Ключевые слова: анизотропная упругость; формализм Стро; поверхностный импеданс; волны Рэлея/Лява; параметры Томсена; спектральный элемент; SBP-SAT; дисперсия; эллиптичность; ZGV; инверсия.

Abstract. This article proposes a unified mathematical framework for the propagation of surface waves (Rayleigh and Love types) in anisotropic elastic media. Based on the Stroh formalism and the surface impedance matrix (Barnett-Lothe theory), energy-stable secular equations are derived, which are generalized for TI/TTI/orthorhombic classes. New indicators are proposed for azimuth-dependent dispersion and ellipticity (orbital motion of particles): (i) an azimuthal dispersion index $J(\theta)$ and (ii) an anisotropic coefficient $E(\theta)$ of Rayleigh ellipticity. Computational recommendations are provided for the Spectral Element Method (SEM) and high-order SBP-SAT approaches; the splitting of Rayleigh/Love modes, mode crossing, and ZGV (zero group velocity) points are analyzed in TI semi-infinite media and layered models. A joint inversion strategy is presented using the sensitivity kernels of phase velocity to $(\epsilon, \delta, \gamma)$ Thomsen parameters. The approach has practical applications in engineering seismology, seismic site evaluation, and crystal acoustics.

Keywords: anisotropic elasticity; Stroh formalism; surface impedance; Rayleigh/Love waves; Thomsen parameters; spectral element; SBP-SAT; dispersion; ellipticity; ZGV; inversion.

KIRISH.

Sirt to‘lqinlari yaqin sirt qatlamlarining mexanik xossalariga nihoyatda sezgir bo‘lib, seysmologiya, NDT/SHM (nol buzuvchi testlar/struktura monitoringi) va geotexnikada ishlatiladi. Haqiqiy geomedialar ko‘pincha anizotrop: qatlamlangan, yoriqli, to‘qimalangan jinslar faza tezligi va energiya oqimini yo‘nalishga bog‘laydi. Sof izotrop modellar ko‘plab hodisalarni soddalashtirib yuboradi: masalan, azimutiy dispersiya, elliptiklikning o‘zgarishi, Love-Rayleigh o‘zaro ta’siri.

MAQSAD VA HISSA. Bu ish (i) Stroh-Barnett-Lothe asosidagi sirt impedans yondashuvini TI/TTI/ortorombik sinflar uchun tartibli tarzda bayon qiladi; (ii) azimutiy dispersiya indeksi va elliptiklik koeffitsienti orqali anizotropiya imzosini miqdoriylashtiradi; (iii) SEM va SBP-SAT sxemalari bilan hisoblashda dispersiya xatolarini boshqarish bo‘yicha amaliy qoidalarni beradi; (iv) sirt

ISSN 3030-3907

to‘lqinlari faza tezligi uchun Fréchet sezgirlik formulalarini chiqarib, Thomsen parametrlari bo‘yicha inversiyani barqarorlashtirishni taklif qiladi.

2. Governing tenglamalar: anizotrop elastiklik va chegaralar

2.1. Elastiklik tenglamalari

Anizotrop chiziqli elastiklikda kuchlanish-deformatsiya bog‘lanishi

$$\sigma = C:\varepsilon(u), \quad \varepsilon(u)=\frac{1}{2}(\nabla u+\nabla u^{\top})$$

C - to‘rtinchi tartibli qattiqlik tenzori (VTI uchun 5, TTI uchun 6, ortorombik uchun 9 mustaqil parametr). Dinamika tenglamasi

$$\rho,\ddot{u}-\nabla!\cdot!\sigma=f$$

2.2. Chegaraviy shartlar va sirt

Erkin sirt Γ_{fs} da tortishmalar $t=\sigma$, $n=0$ bo‘ladi. Ko‘p qatlamli modellar uchun interfeyslarda siljish va tortishma uzluksizligi talab qilinadi. SH (gorizontal qiya tebranishlar) decoupling sharoitida Love sirt to‘lqini yuzaga chiqadi; umumiy anizotropiyada Rayleigh/Love o‘zaro bog‘liq bo‘lishi mumkin.

3. Stroh formalizmi va sirt impedans matritsasi

Stroh (1962) formalizmi elastik to‘lqinlarni birinchi tartibli sistemaga keltirib, vertikal o‘sish/so‘nish ildizlari s_j orqali modlarni ajratadi. Barnett-Lothe nazariyasida sirt impedans matritsasi $Z(\omega,k)$ sirt tezliklar vektorini sirt kuchlanishlari bilan bog‘laydi. Rayleigh to‘lqini uchun sekulyar shart

$$\det, Z(\omega, k; m) = 0$$

m- anizotrop parametrlar to‘plami (TI uchun $c_{11}, c_{33}, c_{13}, c_{44}, c_{66}, \rho$ yoki Thomsen ϵ,δ,γ, hamda zichlik). Bu yondashuv sirt qatlamlari va yo‘nalish bo‘yicha (azimut θ) bog‘lanishni tabiiy kiritadi.

Eslatma (barqarorlik): fizik yot kengayuvchi ildizlar tanlab tashlanadi, energiya oqimi sirtga bog‘liq holda nol bo‘lishi kerak; bu shartlar noto‘g‘ri ildizlardan xoli sekulyar tenglamani kafolatlaydi.

4. TI/TTI muhit uchun analitik struktur va azimutiy effektlar

VTI muhitda gorizontal faza soni $k = (k\cos\theta, k\sin\theta, 0)$. Rayleigh faza tezligi $c_R(\theta)=\omega/k$ azimut bo‘yicha o‘zgaradi. Zaif anizotropiyada Thomsen parametrlaridan foydalanib, birinchi tartibli chiziqlantirish bilan

$$\frac{c_R(\theta)-c_{R,0}}{c_{R,0}} \approx A_1\epsilon\cos^2\theta + A_2\delta\sin^2\theta + A_3\gamma\sin^2 2\theta$$

A_i - qat’iy elastik skeletga bog‘liq koeffitsientlar. Bu rasmiy formula **azimutiy dispersiya**ni miqdoriy baholashga imkon beradi.

Rayleigh elliptikligi. Zarrachalar trayektoriyasi (yuzaga yaqin) izotropiyada retrograd elliptik. Anizotropiyada elliptiklik eksentriteti $E(\theta)$ va orientatsiyasi

ISSN 3030-3907

yo‘nalishga bog‘liq; bu parametr sirt to‘lqinlarining qutblanishiga sezgir inversiya uchun mustaqil kuzatuvdir.

5. Qatlamli anizotrop muhit: Love va Rayleigh modalarining o‘zaro ta’siri

Qatlamli VTI/TTI strukturalarida sirt impedans yondashuvi qatlamlar bo‘ylab transzmissiya/odjiutment (transfer) matritsalari bilan birlashtiriladi. SH bo‘laklanish sharoitida Love to‘lqinlari mustaqil bo‘lsa-da, umumiy holda elastik parametrlarda aralashuv mod krossingi, dispersiya chiziqlarining yaqinlashishi va **ZGV nuqtalari**ni keltirib chiqaradi. ZGV nuqtalar rezonansli modalar bilan bog‘liq bo‘lib, yo‘naltirilgan sezgirlikni kuchaytiradi.

6. Sekulyar tenglama va sezgirlik yadro(kernel)lari

Sekulyar tenglama $S(\omega,k;\, m)=\det Z=0$ dan implicit differensiallash orqali faza tezligi $c=\frac{\omega}{k}$ ning parametr m_i ga sezgirligi

$$\frac{\partial c}{\partial m_i}=-\frac{\partial S/\partial m_i}{\partial S/\partial c}$$

Qatlamli masalada chuqurlik bo‘yicha yadro(lar) adjoint maydonlar yordamida olinadi. Qo‘shma inversiya: ko‘p azimutli Rayleigh (VE/SVE) va Love (SH) ma’lumotlarini birgalikda moslashtirish anizotrop qattiqlik komponentlari va zichlik/qatlam qalinliklari o‘rtasidagi trade-offlarni kamaytiradi.

Azimutiy dispersiya indeksi (taklif):

$$J(\theta)=\frac{c_R(\theta)-\overline{c_R}}{\overline{c_R}},\quad \overline{c_R}=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} c_R(\theta),d\theta$$

Elliptiklik koeffitsienti (taklif): $E(\theta)=b(\theta)/a(\theta)$- zarracha trayektoriyasining kichik/katta o‘qi nisbati, u ham inversiyada kuzatuv sifatida ishlatiladi.

7. Hisoblash usullari: SEM va SBP-SAT

Spektral element (SEM). Qiyin geometriyalar uchun SEM yuqori aniqlik beradi. Erkin sirt elementlarida yuqori tartibli kinematik uyg‘unlik va mass matritsalarni diogonalizatsiya qilish (mass-lumping) hisobni tezlashtiradi. Minimal to‘lqin uzunligiga nisbatan ≥10–12 spekt. tugun (≈≥20–24 grid nuqta) tavsiya etiladi.

SBP-SAT yuqori tartibli farqlar. Diagonal norma SBP operatorlari va SAT penaltilari sirt va interfeyslarni energiya-barqaror kiritadi. Dispersiyani boshqarish uchun **grid-stretching** o‘rniga izchil yuqori tartibli operatorlar afzal; vaqt bo‘yicha Newmark/leapfrog sxemalarida CFL eng kichik Rayleigh tezligi bilan belgilanadi.

8. Verifikatsiya: MMS va analitik limitlar

ISSN 3030-3907

MMS. Sintez yechim (u^*, p^*)yordamida konvergensiya tartibi $O(h^{2p})$ tekshiriladi.

Analitik limitlar. Izotrop elastiklikda klassik Rayleigh/Love dispersiyasi, qatlamli izotrop qatlamlarda Haskell-Thomson usuli bilan solishtirish, zaif anizotropiyada Thomsen yaqinlashuvlari bilan verifikatsiya.

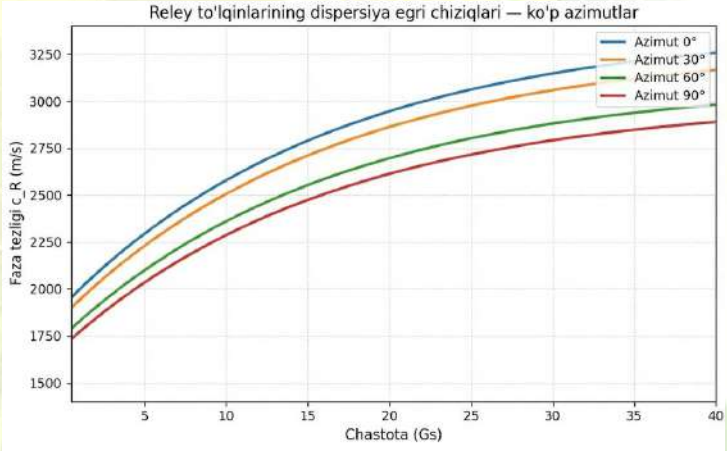
9. Natijalar va muhokama

Azimutiy imzo: ϵ, δ, γ parametrlarining kichik qiymatlarida ham $c_R(\theta)$ 2-5% diapazonda o‘zgaradi; kuchli anizotropiyada 10% va undan ko‘p.

Elliptiklik: $E(\theta)$ ning yo‘nalishga qarab farqlanishi Rayleigh qutblanishiga sezgir; bu ko‘rsatkich qatlamli muhitda qalinlik va qattiqlik nisbatlariga sezgir.

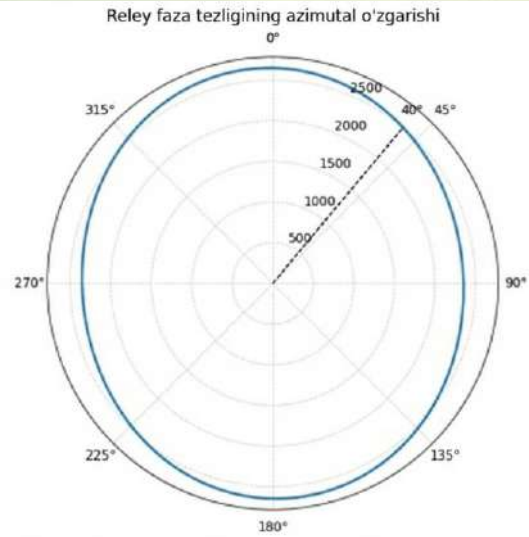
ZGV nuqtalari: qatlamlangan anizotrop modellar ZGVni ta’minlaydi; ular mod krossingi yaqinida, kuchli lokal rezonansga bog‘liq bo‘lib, kichik botiqlikdagi qatlamlarni diagnostika qiladi.

Inversiya barqarorligi: ko‘p azimutli Rayleigh + Love dispersiya ma’lumotlari, qo‘shimcha ravishda elliptiklik kuzatuvi E(θ) bilan birga, Thomsen parametrlari bo‘yicha noaniqlikni kamaytiradi.



1-Rasm. Rayleigh to‘lqinining faza tezligi — chastota bo‘yicha dispersiya chiziqlari (turli azimutlarda). Anizotropiya natijasi sifatida kichik azimutiy farqlanishlar ko‘rinadi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Rayleigh sirt to‘lqinlarining azimut bo‘yicha faza tezligining o‘zgarishini ko‘rsatadi.

10. Amaliy tavsiyalar

Ma’lumot yig‘ish: kamida 6-8 azimut yo‘nalishi, 2-40 Hz diapazon (sayt sharoitiga mos).

Diskretizatsiya: minimal Rayleigh λ_{min} bo‘yicha **≥20-24** nuqta; sirtga yaqin qatlamlarda ingichka panjara.

Inversiya: Bayesian muntazamlashtirish TV/(l_2)-priorlar, qatlam qalinligi va zichlikka mustaqil cheklovlar; multi-ma’lumot c_R, c_L, E qo‘shma funksionali.

11. Cheklovlar va yo‘nalishlar

Chiziqli elastiklik kichik deformatsiyalar uchun amal qiladi; kuchli geterogenlik va yorilishlar nolinear effektlarni talab qiladi. Keyingi yo‘nalishlar: visko-/anelastik anizotropiya Q(ω) bilan; kuchli TTI/ortorombik holatlar; sirt to‘lqinlari bilan seysmo-elektrik bog‘lanish.

XULOSA

Stroh-Barnett-Lothe yondashuvi asosida anizotrop sirt to‘lqinlari uchun barqaror sekulyar tenglamalar hosil qilindi va ulardan kelib chiqadigan azimutiy dispersiya hamda elliptiklik ko‘rsatkichlari kiritildi. SEM va SBP-SAT asosidagi hisoblash protokollari, verifikatsiya va qo‘shma inversiya strategiyalari taqdim etildi. Ushbu ramka amaliy seysmika va geotexnika uchun anizotrop xossalarni ishonchli aniqlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. M. A. Biot. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid. The Journal of the Acoustical Society of America, 28(2), 168–191. (1956).

2. Kh. Kh. Imomnazarov, A. E. Kholmurodov. Direct and inverse dynamic problems for SH-waves in porous media. Mathematical and Computer Modelling, 45(3–4), 270–280. (2007).

ISSN 3030-3907

3. Sh. Kh. Imomnazarov. Direct and inverse problems for nonlinear one-dimensional poroelasticity equations. Doklady Mathematics, 89(2), 250–252. (2014).
4. M. A. Quzratov. G‘ovak-elastik anizotrop muhitda sirt to‘lqinlarining sonli modellashtirilishi va dispersiya muammolari. // Qarshi Davlat Universiteti Ilmiy to‘plami. Qarshi. 2024-y.
5. D. Komatitsch va J. Tromp. Introduction to the spectral element method for 3-D seismic wave propagation. Geophysical Journal International, 139(3), 806–822. (1999).
6. I. Tsvankin. Seismic Signatures and Analysis of Reflection Data in Anisotropic Media. Amsterdam: Elsevier. (2001).
7. M. Matanov. Anizotrop muhitlarda elastik to‘lqinlarning nazariy asoslari. // Qarshi Davlat Universiteti Ilmiy Axborotnomasi. Qarshi. 2018-y.
8. A. R. Raxmatov. Seysmik xavfni baholashda sirt to‘lqinlari modellaridan foydalanish. // Toshkent Davlat Texnika Universiteti Ilmiy Jurnali. Toshkent. 2020-y.

ISSN 3030-3907

SUN’IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI VA KUTUBXONACHILAR PROFESSIONAL KOMPETENSIYALARINING NAZARIY ASOSLARI: WEB OF SCIENCE BAZASI ASOSIDA ANALITIK TAHLIL

Mamadaliyeva Sadoqat Botir qizi

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti magistranti

Annotatsiya. Mazkur maqolada sun’iy intellekt texnologiyalarining kutubxona faoliyatiga ta’siri hamda kutubxonachilar professional kompetensiyalarining nazariy asoslari tahlil qilinadi. Raqamli transformatsiya sharoitida kutubxonachilar uchun zarur bo‘lgan bilim, ko‘nikma va malakalar yoritiladi. Sun’iy intellektdan foydalanish kutubxona xizmatlari samaradorligini oshirish va axborot xizmatlarini rivojlantirishda muhim omil sifatida baholanadi. Zamonaviy kutubxonalar faoliyatida innovatsion texnologiyalarni qo‘llash ahamiyati ham ko‘rib chiqiladi.

Kalit so‘zlar: sun’iy intellekt, ishonchli AI, web of science, analitik tahlil, kompetensiya

Аннотация. В данной статье анализируется влияние технологий искусственного интеллекта на деятельность библиотек, а также рассматриваются теоретические основы профессиональных компетенций библиотекарей. Освещаются знания, навыки и умения, необходимые библиотекарям в условиях цифровой трансформации. Использование искусственного интеллекта оценивается как важный фактор повышения эффективности библиотечных услуг и развития информационного обслуживания. Также рассматривается значение применения инновационных технологий в деятельности современных библиотек.

Ключевые слова: искусственный интеллект, надежный AI, web of science, аналитический анализ, компетенция, цифровая трансформация, библиотечное дело

Abstract: The article analyzes the impact of artificial intelligence technologies on library activities and professional competencies of librarians based on the Web of Science database. Scientific publications from 2022–2026 were examined using bibliometric methods, revealing an increasing research activity in this field. The study also analyzes algorithmic literacy, digital competencies, and the prospects of applying artificial intelligence technologies in library services. The results show the necessity of developing new professional competencies for librarians.

Keywords: artificial intelligence, trustworthy AI, Web of Science, analytical analysis, professional competence.

KIRISH

ISSN 3030-3907

Bugungi axborot jamiyatining rivojlanish bosqichi ma’lumotlar hajmining o’sishi va unga bo’lgan talabni ortishi bilan tavsiflanadi. Ushbu nuqtayi nazardan kelib chiqib, endilikda kutubxonalar jismoniy ommaviy axborot vositalarining faqatgina saqlash maskani sifatidagi an’anaviy funksiyasidan voz kechib, ular raqamli axborot makonida faol subyekt sifatida namoyon bo‘lib, ishonchlilik “maskani” funksiyasini bajaradi. Ya’ni, tobora kengayib borayotgan axborot shovqini sharoitida kutubxonalar verifikatsiyadan o‘tgan, ishonchli va ilmiy asoslangan ma’lumotlarni saralash, tizimlashtirish hamda foydalanuvchilarga yetkazish orqali axborot barqarorligini ta’minlaydi. Kutubxonalar o‘z foydalanuvchilariga adolatli, shaffof va axloqiy xizmat ko‘rsatish majburiyatini zimmasiga oladi. Shu nuqtayi nazardan, sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etishda ham ushbu tamoyillarga mos keluvchi yondashuvlarni qo‘llash muhim hisoblanadi. Tadqiqotlar kutubxona faoliyatida sun’iy intellektdan axloqiy va adolatli foydalanish mexanizmlarini, foydalanuvchilarning axborot olish imkoniyatlarini kengaytirish istiqbollarini hamda kutubxonachilarning professional kompetensiyalarini rivojlantirish masalalarini o‘rganishga qaratilgan.

Kelgusidagi tadqiqotlar sun’iy intellektning ishonchli ishlashini ta’minlovchi “ishonchli AI”, algoritmik adolat tamoyillari, tushunarli sun’iy intellekt modellari hamda “inson–algoritm hamkorligi” (human-in-the-loop) yondashuvlari kutubxona tizimlari va boshqa kasbiy sohalarga qanday ta’sir ko‘rsatishini o‘rganishga yo‘naltirilishi mumkin. Mazkur yo‘nalishlar kutubxonachilarning yangi professional kompetensiyalarini shakllantirish va texnologik muhitga moslashuvini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

WEB OF SCIENCE BAZASI ASOSIDA ANALITIK TAHLILI

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt (SI) texnologiyalarining jadal rivojlanishi kutubxonachilik faoliyatining mazmuni hamda professional kompetensiyalar tizimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Web of Science Core Collection ma’lumotlar bazasida “sun’iy intellekt texnologiyalarining nazariy asoslari va kutubxonachilar kasbiy kompetensiyalari” mazmuniga yaqin kalit so‘zlar asosida amalga oshirilgan qidiruv natijalari ushbu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlar faolligining ortib borayotganini ko‘rsatdi. Qidiruv jarayonida 100 ta ilmiy ish aniqlangan bo‘lib, ular asosan 2022–2026 yillar oralig‘ida chop etilgan. Mazkur sohadagi ilmiy izlanishlar 2023-yildan boshlab faollashgan bo‘lib, 2022-yildan e’tiboran kutubxona faoliyatida sun’iy intellekt texnologiyalarini qo‘llash konsepsiyasi kengroq o‘rganila boshlaganini ko‘rsatadi.

Yillar kesimida tahlil natijalari 2024 va 2025-yillarda ilmiy maqolalar sonining sezilarli darajada oshganligini ko‘rsatadi. Xususan, 2024-yilda 33 ta, 2025-yilda esa 32 ta ilmiy nashr chop etilgan. Ushbu ko‘rsatkichlar sun’iy intellekt

ISSN 3030-3907

texnologiyalarining kutubxona amaliyotiga faol joriy etilayotganini va mazkur yo‘nalishning dolzarb ilmiy muammo sifatida shakllanayotganini tasdiqlaydi. Shu jihatdan, tadqiqot mavzusi zamonaviy ilmiy muhokamalarning faol yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

TADQIQOT YO‘NALISHLARI

Mazmuniy jihatdan tadqiqotlar bir nechta asosiy yo‘nalishlarga ajratilgan. Birinchi yo‘nalish algoritmik savodxonlik va sun’iy intellekt kompetensiyalarining nazariy asoslarini o‘rganishga qaratilgan. Ushbu yo‘nalish doirasidagi tadqiqotlar kutubxonachilarning raqamli savodxonlik ko‘nikmalaridan tashqari, algoritmik fikrlash, ma’lumotlarni modellashtirish hamda generativ sun’iy intellekt vositalaridan foydalanish kompetensiyalarini kasbiy mahoratning muhim tarkibiy qismi sifatida talqin etadi. Ayniqsa, katta hajmdagi ma’lumotlar bilan ishlash, semantik tahlil hamda avtomatlashtirilgan tavsiya tizimlarini qo‘llash masalalari data kutubxonachilar faoliyati misolida keng tahlil qilingan. Natijalar kutubxonachining an’anaviy axborot vositachisi rolidan texnologik mediator va ma’lumotlar tahlilchisi funksiyasiga bosqichma-bosqich o‘tayotganini ko‘rsatadi.

Ikkinchi yo‘nalish sun’iy intellekt texnologiyalarining kutubxona xizmatlariga integratsiyalashuvi bilan bog‘liq. Tadqiqotlarda, xususan, universitet kutubxonalari faoliyatida chat-bot tizimlari, avtomatlashtirilgan indeksatsiya, metadata generatsiyasi, aqlli qidiruv tizimlari va tavsiya algoritmlaridan foydalanish imkoniyatlari o‘rganilgan. Olingan natijalar sun’iy intellekt texnologiyalari operatsion jarayonlarni tezlashtirish bilan birga, foydalanuvchilarga individual xizmat ko‘rsatish sifatini ham oshirishga xizmat qilishini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, bunday texnologiyalarni joriy etish kutubxonachilardan yangi turdagi texnologik kompetensiyalarni rivojlantirishni talab qiladi.

Uchinchi yo‘nalish professional kompetensiyalarning transformatsiyasi hamda ta’lim dasturlarini modernizatsiya qilish masalalariga bag‘ishlangan. Empirik tadqiqotlarda so‘rovnoma, kontent tahlil va bibliometrik usullar orqali kutubxonachilarning sun’iy intellekt savodxonligi darajasi baholangan. Natijalarga ko‘ra, raqamli kompetensiya darajasi yuqori bo‘lgan mutaxassislar sun’iy intellekt texnologiyalaridan samarali foydalanadi va xizmat ko‘rsatish sifatini yaxshilashga erishadi. Shu sababli kutubxona-axborot ta’limi (LIS – Library and Information Science) o‘quv dasturlariga sun’iy intellekt asoslari, ma’lumotlar tahlili hamda algoritmik tafakkur elementlarini kiritish zarurati asoslanmoqda.

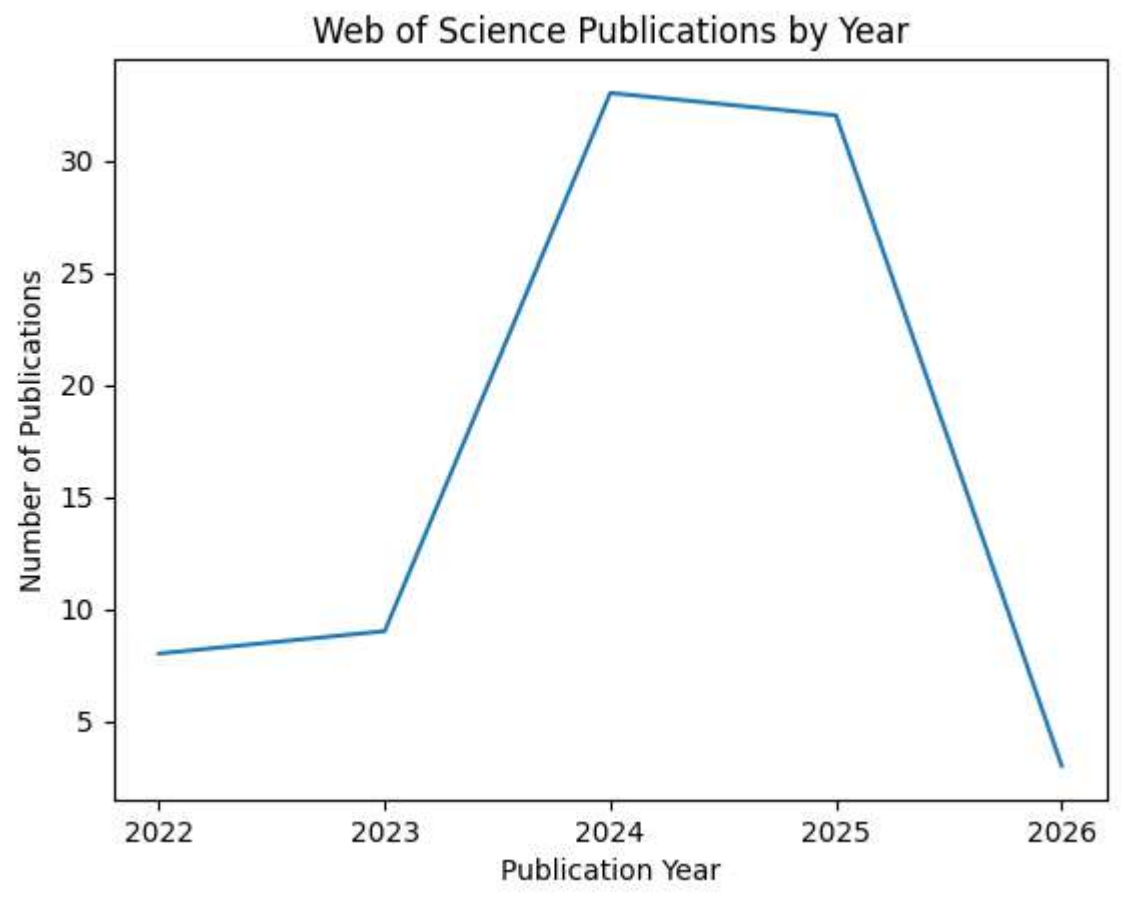
QO‘LLANILGAN METODLAR

Metodologik jihatdan tadqiqotlar bibliometrik tahlil, tizimli adabiyotlar sharhi, empirik so‘rovlar hamda amaliy tajribalarni o‘rganishga asoslangan. Bu esa

ISSN 3030-3907

mavzuning nazariy va amaliy jihatlari kompleks tarzda tadqiq etilayotganini ko‘rsatadi.

Shu bilan birga, mavjud ilmiy manbalar tahlili bir qator tadqiqot bo‘shliqlarini aniqlash imkonini berdi. Jumladan, sun’iy intellekt kompetensiyalarining yagona universal modeli hali ishlab chiqilmagan. Shuningdek, rivojlanayotgan mamlakatlar kontekstida olib borilgan tadqiqotlar soni yetarli darajada emas. Bundan tashqari, kasbiy etika, huquqiy masalalar hamda kasbiy shakllanish transformatsiyasi jarayonlari chuqur nazariy asoslashni talab etadi. Aksariyat tadqiqotlar texnologik aspektlarga ko‘proq e’tibor qaratgan bo‘lsada, kutubxonachilarning ijtimoiy-madaniy funksiyalari hamda kasbiy maqomidagi o‘zgarishlar yetarli darajada konseptual tahlil qilinmagan.



1-rasm. Web of Science Core Collection bazasida sun’iy intellekt texnologiyalari va kutubxonachilarning professional kompetensiyalari statistikasi

NATIJA. Maqolada sun’iy intellekt texnologiyalarining kutubxonachilik faoliyati va professional kompetensiyalarga ta’siri Web of Science ma’lumotlar bazasi asosida analitik tahlil qilingan. 2022–2026-yillar oralig‘ida chop etilgan ilmiy ishlar bibliometrik usulda o‘rganilib, ushbu yo‘nalishda ilmiy faollikning ortib borishi aniqlangan. Tadqiqotda algoritmik savodxonlik, raqamli

ISSN 3030-3907

kompetensiyalar hamda kutubxona xizmatlarida sun’iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish istiqbollari tahlil qilingan. Natijalar kutubxonachilarning yangi professional kompetensiyalarini rivojlantirish zarurligini ko‘rsatadi.

Web of Science Core Collection bazasida “sun’iy intellekt texnologiyalari va kutubxonachilarning professional kompetensiyalari” mavzusiga yaqin ilmiy nashrlar dinamikasi tahlili so‘nggi yillarda mazkur yo‘nalishga bo‘lgan ilmiy qiziqish sezilarli darajada ortganini ko‘rsatadi. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, 2022 yilda ushbu yo‘nalishda 8 ta ilmiy maqola e’lon qilingan bo‘lsa, 2023 yilda bu ko‘rsatkich 9 taga yetgan. Mazkur davr nisbatan barqaror, ammo past intensivlikdagi ilmiy faollik bilan tavsiflanadi.

Biroq 2024 yilda keskin o‘sish kuzatilib, nashrlar soni 33 taga yetgan. Bu esa bir yil ichida deyarli to‘rt barobar o‘sishni anglatadi. 2025 yilda ham yuqori ilmiy faollik saqlanib qolgan bo‘lib, 32 ta maqola chop etilgan. Ushbu davrni sun’iy intellektning kutubxona faoliyatiga integratsiyasi masalasi ilmiy diskursning markaziy mavzularidan biriga aylangan bosqich sifatida baholash mumkin.

2026 yil bo‘yicha 3 ta nashr qayd etilgan bo‘lsa-da, mazkur ko‘rsatkich yilning hali yakunlanmaganligi bilan izohlanadi va to‘liq statistik xulosalar chiqarish uchun yetarli emas.

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, raqamli bilimlar makonida faol axborot vositachisi va ishonchli ma’lumotlar manbai sifatida shakllanib bormoqda. Sun’iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi kutubxona faoliyatining mazmuni, xizmat ko‘rsatish shakllari hamda kutubxonachilarning professional kompetensiyalari tizimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. Web of Science Core Collection bazasi asosida amalga oshirilgan bibliometrik tahlil 2022–2026-yillar oralig‘ida ushbu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlar soni sezilarli darajada ortganini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 2024–2025-yillarda ilmiy nashrlar sonining keskin oshishi sun’iy intellekt texnologiyalarining kutubxona-amaliyotiga faol integratsiyalashuvi hamda mazkur yo‘nalishning dolzarb ilmiy tadqiqot sohasi sifatida shakllanayotganini tasdiqlaydi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, kutubxonachilarning kasbiy faoliyatida algoritmik savodxonlik, raqamli kompetensiyalar, ma’lumotlarni tahlil qilish, generativ sun’iy intellekt vositalaridan foydalanish kabi yangi ko‘nikmalar muhim ahamiyat kasb etmoqda. Shu bilan birga, sun’iy intellekt texnologiyalarini kutubxona xizmatlariga joriy etish avtomatlashtirilgan indeksatsiya, metadata generatsiyasi, aqlli qidiruv tizimlari hamda tavsiya algoritmlari orqali foydalanuvchilarga ko‘rsatilayotgan xizmatlar samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda.

ISSN 3030-3907

Biroq mavjud ilmiy adabiyotlar tahlili sun’iy intellekt kompetensiyalarining universal modeli hali to‘liq shakllanmaganini, rivojlanayotgan mamlakatlar kontekstida olib borilgan tadqiqotlar yetarli emasligini ham ko‘rsatdi. Shuningdek, kutubxonachilik faoliyatida sun’iy intellektdan foydalanish bilan bog‘liq axloqiy, huquqiy va kasbiy shakllanish masalalari ham chuqur ilmiy asoslashni talab qiladi.

Shu bois kelgusida kutubxona-axborot faoliyati sohasida sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etish jarayonida algoritmik adolat, ishonchli sun’iy intellekt, tushuntiriladigan sun’iy intellekt modellari hamda “inson–algoritm hamkorligi” tamoyillarini hisobga olgan holda ilmiy va amaliy tadqiqotlarni davom ettirish muhim hisoblanadi. Mazkur yo‘nalishlar kutubxonachilarning yangi professional kompetensiyalarini shakllantirish, kutubxona xizmatlarini modernizatsiya qilish hamda axborot makonida ishonchli bilimlar infratuzilmasini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. . Трофимов И.Л, Кустова Е.М. - Роль библиотек в эпоху искусственного интеллекта: аналитический взгляд на новые ИИ-технологии и их применение; Современные технологии. Системный анализ. Моделирование; 2025. № 3 (87).- С. 94–104.

2. Mallikarjun Dora1, Lavji N Zala2 and Manoj Kumar Sa Research on Artificial Intelligence and its Application in Libraries and Librarianship: a Content Analysis May 2025 (PDF) Research on Artificial Intelligence and its Application in Libraries and Librarianship: a Content Analysis

3. Theoretical foundations of artificial intelligence technologies and professional competencies of librarians – 100 – Web of Science Core Collection

4. James Oluwaseyi Hodonu-Wusu; The rise of artificial intelligence in libraries: the ethical and equitable methodologies, and prospects for empowering library users Volume 5, pages 755–765, (2025) The rise of artificial intelligence in libraries: the ethical and equitable methodologies, and prospects for empowering library users | AI and Ethics | Springer Nature Link

5. Искусственный интеллект на службе библиотек : методкейс / ГБУК РК “РКБ им. И. Гаспринского”; сост. Г. С. Шосаидова. – Симферополь, 2025. – 20 с.

ISSN 3030-3907

УДК: 614.2:[314.44 +616-007]-053.1-036.865 (575.121)

TUG‘MA ANOMALIYALAR BILAN BOG‘LIQ BO‘LGAN NOGIRONLIKNING OLDINI OLISH VA PROFILAKTIK CHORA-TADBIRLARNING ILMIY-NAZARIY ASOSLARI

Kasimova Dilfuza Abrarovna

Toshkent davlat tibbiyot universiteti Jamoat sog‘liqni saqlash maktabi dotsenti, t.f.n., O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent sh.

Annotatsiya. Nogironlikni kamaytirish uchun tug‘ma kasalliklarni barvaqt aniqlash va profilaktika muhim ahamiyatga ega. Perinatal skrining dasturlari, chaqaloqlarni muntazam ko‘rikdan o‘tkazish, tug‘ma yurak nuqsonlari va gidrotsefaliya kabi patologiyalarni erta aniqlash orqali reabilitatsiya imkoniyatlari kengayadi. Ilmiy tadqiqotlar ko‘rsatadiki, erta aniqlash va profilaktika nogironlik darajasini pasaytiradi, bolalarning rivojlanish salohiyatini oshiradi. Shu bois, zamonaviy tibbiyotda profilaktik yondashuv nogironlikni kamaytirishning eng samarali yo‘li sifatida qaraladi.

Kalitli so`zlar: tug‘ma anomaliyalar, perinatal skrining, populyatsiya, kognitiv nogironlik, sitomegalovirus, toksoplazmoz, inklyuziv ta’lim

Abstract. Early detection and Prevention of congenital diseases are important to reduce disability. Rehabilitation opportunities expand through Perinatal screening programs, routine screening of infants, early detection of pathologies such as congenital heart defects and hydrocephalus. Scientific research shows that early detection and Prevention reduces the level of disability, increases the development potential of children. Therefore, in modern medicine, a preventive approach is considered as the most effective way to reduce disability.

Keywords: congenital anomalies, perinatal screening, population, cognitive disability, cytomegalovirus, toxoplasmosis, inclusive education

Аннотация. Ранняя диагностика и профилактика врожденных заболеваний имеют решающее значение для снижения инвалидности. Раннее выявление патологий, таких как программы перинатального скрининга, регулярное обследование новорожденных, врожденные пороки сердца и гидроцефалия, расширяет возможности реабилитации. Научные исследования показывают, что ранняя диагностика и профилактика снижают уровень инвалидности и повышают потенциал развития детей. Поэтому в современной медицине профилактический подход считается наиболее эффективным способом снижения инвалидности.

Ключевые слова: врождённые аномалии, перинатальный скрининг, население, когнитивные нарушения, цитомегаловирус, токсоплазмоз, инклюзивное образование

ISSN 3030-3907

KIRISH

O‘zbekiston sharoitida bolalar nogironligining hududiy xususiyatlari O‘zbekiston Respublikasida sog‘liqni saqlash tizimini modernizatsiya qilish va onalik hamda bolalikni muhofaza qilish bo‘yicha amalga oshirilayotgan islohotlarga qaramasdan, bolalar nogironligi muammosi hanuzgacha muhim tibbiy-ijtimoiy masala bo‘lib qolmoqda. Ayniqsa, bolalar nogironligining hududlar kesimidagi notekis taqsimlanishi ushbu muammoning tizimli va kompleks yondashuvni talab etishini ko‘rsatadi. Mavjud rasmiy statistik ma’lumotlarga ko‘ra, O‘zbekistonda bolalar orasida nogironlikning umumiy tarqalganlik darajasi 1 000 nafar bola hisobiga o‘rtacha 18–22 holatni tashkil etadi, ayrim hududlarda esa bu ko‘rsatkich respublika o‘rtacha darajasidan 1,3–1,5 baravar yuqori ekanligi kuzatiladi.

Bolalar nogironligi bo‘yicha hududiy tafovutlarning shakllanishida ekologik omillar muhim determinant sifatida namoyon bo‘ladi. Open-access epidemiologik tadqiqotlar sanoatlashgan hududlarda yashovchi bolalar orasida tug‘ma anomaliyalar va markaziy asab tizimi nuqsonlari uchrash chastotasi ekologik nisbatan toza hududlarga qaraganda yuqoriroq ekanini ko‘rsatadi. Xususan, havo va tuproqning og‘ir metallar (qo‘rg‘oshin, simob, kadmiy) bilan ifloslanishi yuqori bo‘lgan sanoat zonalarida tug‘ma rivojlanish nuqsonlari 1,3–1,8 barobar ko‘p qayd etilgan bo‘lib, ularning umumiy tarqalish darajasi 6–9 % oralig‘ida baholanadi. Asab tizimi bilan bog‘liq nuqsonlar esa ekologik xavf darajasi yuqori hududlarda 2–4 % gacha yetishi, nisbatan toza hududlarda esa 1–1,5 % atrofida bo‘lishi aniqlangan.

Ushbu ma’lumotlar ekologik omillar bolalar salomatligiga, xususan, nogironlikka olib keluvchi tug‘ma patologiyalar shakllanishida muhim rol o‘ynashini tasdiqlaydi. Shuningdek, suv sifatining pastligi va iqlim sharoitining o‘zgarishi ham perinatal patologiyalar va neonatal kasalliklar ko‘rsatkichiga ta’sir qiladi.

Tug‘ma anomaliyalar (tug‘ma nuqsonlar) — bu homila rivojlanishi davrida yuzaga keladigan tuzilmaviy yoki funksional o‘zgarishlar bo‘lib, ular jismoniy yoki kognitiv nogironlikka, uzoq muddatli kasalliklarga yoki o‘limga olib kelishi mumkin. Dunyo miqyosida tug‘ma anomaliyalar taxminan 3–6% tirik tug‘ilishlarda uchraydi va bu, ayniqsa, past va o‘rta daromadli mamlakatlarda jiddiy sog‘liqni saqlash muammosini ifodalaydi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma’lumotlariga ko‘ra, tug‘ma anomaliyalar neonatal va chaqaloqlar o‘limining, shuningdek, umrboqiy nogironlikning yetakchi sabablaridan biri hisoblanadi. Bu esa individual va populyatsiya darajasida profilaktik strategiyalarni joriy etish zarurligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Tug‘ma anomaliyalarning epidemiologiyasi mintaqaga qarab farqlanadi. Bu farqlar genetik omillar, onaning sog‘lig‘i, atrof-muhit ta’siri va sog‘liqni saqlash infratuzilmasi bilan bog‘liq. Masalan, Markaziy Osiyodagi tadqiqotlar tug‘ma anomaliyalar tarqalishi tirik tug‘ilishlarning 2,5% dan 4% gacha ekanini ko‘rsatadi. Sanoatlashgan va urbanizatsiyalashgan hududlarda ko‘rsatkich yuqoriroq bo‘lib, bu ekologik ifloslanish va prenatal yordamning cheklanganligi bilan izohlanadi. O‘zbekistonda milliy sog‘liqni saqlash statistikasi tug‘ma nuqsonlar, perinatal asoratlar va surunkali bolalik kasalliklari pediatrik nogironlikning yetakchi sabablarini tashkil etishini ko‘rsatadi. Bu esa erta profilaktika va aralashuv dasturlarining ahamiyatini ta’kidlaydi.

Tug‘ma anomaliyalarni birlamchi profilaktika — bu nuqsonlarning paydo bo‘lishini homiladorlikdan oldin yoki homiladorlikning dastlabki bosqichlarida kamaytirishga qaratilgan choralar majmuasidir. Bunga onaning sog‘ligini optimallashtirish, ovqatlanishdagi yetishmovchiliklarni bartaraf etish (masalan, foliy kislotasi qo‘shimchasi), yuqumli kasalliklarni nazorat qilish va teratogen moddalar ta’sirini kamaytirish kiradi. Ilmiy dalillar shuni ko‘rsatadiki, birlamchi profilaktika choralarini joriy etish tug‘ma anomaliyalar yukini sezilarli darajada kamaytirishi, neonatal natijalarni yaxshilashi va umrboqiy nogironlik bilan bog‘liq tibbiy xarajatlarni qisqartirishi mumkin.

Profilaktik strategiyalarning ahamiyati epidemiologik modellar bilan ham tasdiqlanadi. Ular ko‘rsatadiki, nerv naychasi nuqsonlarining 70% gacha va boshqa tug‘ma anomaliyalarning muhim qismi onaning ovqatlanish qo‘shimchalari, emlash va sog‘liqni saqlash bo‘yicha ta’lim dasturlari orqali oldini olish mumkin. Shuning uchun tug‘ma anomaliyalarning prenatal, perinatal va postnatal determinantlarini chuqur tushunish mintaqaviy ehtiyojlarga moslashtirilgan samarali aralashuvlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega. Bu, jumladan, Markaziy Osiyo va O‘zbekistonga ham taalluqlidir. Shu nuqtai nazardan, ushbu sharh tug‘ma anomaliyalarni birlamchi profilaktikaning ilmiy asoslariga e’tibor qaratadi, biologik, ekologik va ijtimoiy determinantlarni o‘rganadi hamda xalqaro va mintaqaviy tadqiqotlar dalillarini tahlil qilib, sog‘liqni saqlash siyosati va profilaktik strategiyalarni shakllantirishga xizmat qiladi.

Prenatal omillar tug‘ma anomaliyalar va keyingi bolalik davridagi nogironlik xavfiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Homiladorlikdan oldin va homiladorlik davridagi onaning sog‘lig‘i asosiy determinant hisoblanadi. Qandli diabet, gipertenziya va semizlik kabi surunkali kasalliklar tug‘ma yurak nuqsonlari va nerv naychasi nuqsonlari ko‘rsatkichining yuqoriligi bilan bog‘liq. Onaning infeksiyalari, jumladan, qizamiq (rubella), sitomegalovirus va toksoplazmoz, yaxshi o‘rganilgan teratogen ta’sirga ega bo‘lib, homilada tuzilmaviy anomaliyalar

ISSN 3030-3907

yoki neyro-rivojlanish buzilishlariga olib kelishi mumkin. Homiladorlik davridagi ovqatlanish ham muhim omil hisoblanadi; zarur mikroelementlar, xususan foliy kislotasi, yod va D vitamini yetishmovchiligi nerv naychasi nuqsonlari, kognitiv rivojlanishning buzilishi va skelet malformatsiyalari bilan bog‘liq. Teratogen dori vositalari yoki moddalar — izotretinoin, antikonvulsantlar, spirtli ichimliklar va tamaki — ta’siri tug‘ma nuqsonlar xavfini sezilarli darajada oshiradi.

Genetik omillar, jumladan xromosoma anomaliyalari va yakka-gen mutatsiyalari ham tug‘ma anomaliyalar rivojlanishiga hissa qo‘shadi va ko‘pincha atrof-muhit ta’sirlari bilan murakkab tarzda o‘zaro ta’sir qiladi. Onaning yoshi ham muhim determinant bo‘lib, katta yoshdagi onalarda xromosoma anomaliyalari, masalan, trisomiya 21 (Daun sindromi) xavfi ortadi. Umuman olganda, onaning sog‘lig‘i, infeksiyalar, ovqatlanish, teratogenlar va genetik moyillikning kombinatsiyasi prenatal muhitni shakllantiradi. Bu esa erta onalik parvarishi, skrining va sog‘liqni saqlash bo‘yicha ta’lim dasturlarining tug‘ma nogironlik xavfini kamaytirishdagi ahamiyatini ta’kidlaydi.

Perinatal omillar neonatal natijalarni va uzoq muddatli nogironlik xavfini belgilashda muhim rol o‘ynaydi. Tug‘ruq jarayonidagi asoratlar — masalan, to‘silib qolgan tug‘ruq, cho‘zilgan tug‘ruq yoki homila distressi — gipoksik-ishemik ensefalopatiya, serebral falaj va boshqa neyro-rivojlanish buzilishlari ko‘rsatkichining ortishi bilan bog‘liq. Tug‘ruq jarohatlari, jumladan, asbob-uskunalar yordamida amalga oshirilgan tug‘ruqlar yoki shoshilinch sharoitda bajarilgan kesarcha kesish, skelet sinishlari, brakial pleksus jarohatlari yoki intrakranial qon ketishiga olib kelishi mumkin. Muddatidan oldin tug‘ilish (37 haftadan oldin tug‘ilish) ko‘plab kasalliklar uchun muhim xavf omili hisoblanadi. Bunga respirator distress sindromi, intraventrikulyar qon ketishi va uzoq muddatli neyro-rivojlanish kechikishlari kiradi. Tug‘ruqdagi past vazn, ko‘pincha intrauterin o‘sishning cheklanishi yoki muddatidan oldin tug‘ilish natijasida yuzaga keladi va kognitiv rivojlanishning buzilishi hamda keyinchalik surunkali kasalliklar xavfining ortishi bilan bog‘liq. Perinatal infeksiyalar — neonatal sepsis, B guruhi streptokokk infeksiyasi va OIVning vertikal yo‘l bilan yuqishi — neonatal kasallanish va o‘limga sezilarli hissa qo‘shadi va davolanmagan taqdirda doimiy nogironlikka olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, perinatal yordamning yetarli emasligi — homila holatini yetarli kuzatmaslik, tug‘ruq paytida resussitatsiyaning yetishmasligi va malakali tug‘ruq xodimlarining yo‘qligi — bu xavflarni yanada kuchaytiradi, ayniqsa past va o‘rta daromadli mamlakatlarda. Umuman olganda, ushbu omillar keng qamrovli akusherlik yordami, malakali tug‘ruq xodimlari ishtiroki, asoratlar uchun o‘z vaqtida aralashuv va infeksiyalarning oldini olish

ISSN 3030-3907

strategiyalarining perinatal nogironliklarni kamaytirishdagi ahamiyatini ta’kidlaydi.

Postnatal omillar neonatal omon qolish, o‘sish va uzoq muddatli neyro-rivojlanish natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Erta neonatal parvarish — to‘g‘ri termoregulyatsiya, emizishni qo‘llab-quvvatlash va infeksiyalarning oldini olish — hayotning dastlabki 28 kunida kasallanish va o‘limni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega. Neonatal infeksiyalar, jumladan sepsis, pnevmoniya va meningit, neonatal o‘limning yetakchi sabablaridan biri bo‘lib qolmoqda va davolanmagan taqdirda doimiy nevrologik nogironlikka olib kelishi mumkin.

Atrof-muhit ta’sirlari — uy ichidagi havo ifloslanishi, toksik kimyoviy moddalar va xavfli suv — neyro-rivojlanishga salbiy ta’sir ko‘rsatadi hamda infeksiyalar va surunkali kasalliklarga moyillikni oshiradi. Vaktsina bilan oldini olish mumkin bo‘lgan kasalliklarga (ko‘kyo‘tal, qizamiq, B gepatiti) qarshi yetarli immunizatsiya qamrovi postnatal davrda bolalik kasallanishi va nogironligini kamaytirishda muhimdir.

Bundan tashqari, tug‘ma holatlar — metabolik kasalliklar yoki tug‘ma yurak nuqsonlari — uchun postnatal monitoring o‘z vaqtida aralashuv imkonini beradi va og‘ir nogironlikka o‘tishni oldini olishi mumkin. Ijtimoiy-iqtisodiy omillar — tibbiy muassasalarga kirish imkoniyati, ota-onalar ta’limi va oilaviy qo‘llab-quvvatlash — optimal postnatal natijalarni ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Umuman olganda, ushbu dalillar integratsiyalashgan postnatal parvarish dasturlari, jamoat salomatligi intervensiyalari va kuchli sog‘liqni saqlash tizimlarining postnatal nogironlik xavfini kamaytirishdagi ahamiyatini ta’kidlaydi.

Birlamchi profilaktika strategiyalari tug‘ma anomaliyalar va perinatal asoratlarning yuzaga kelishini oldindan oldini olishga qaratilgan. Eng yaxshi o‘rganilgan intervensiyalardan biri — homiladorlikdan oldin va homiladorlikning dastlabki bosqichlarida onaning foliy kislotasi qo‘shimchasini qabul qilishi bo‘lib, bu nerv naychasi nuqsonlari xavfini 70% gacha kamaytiradi. Onaning qizamiq (rubella), gripp va ko‘kyo‘talga qarshi emlanishi birlamchi profilaktikaning yana bir asosiy yo‘nalishi bo‘lib, tug‘ma infeksiyalar ko‘rsatkichini kamaytiradi va doimiy nogironliklarning oldini oladi.

Onadagi surunkali kasalliklar — qandli diabet, gipertenziya va qalqonsimon bez kasalliklari — uchun skrining dasturlari o‘z vaqtida davolash imkonini beradi va perinatal asoratlarni kamaytiradi. Teratogen dori vositalari va moddalarni — ayrim antikonvulsantlar, izotretinoin, spirtli ichimliklar va giyohvand moddalarni — aniqlash va ulardan saqlanish homila rivojlanishini himoya qilishda muhimdir.

Genetik maslahat va tashuvchilik skriningi — talassemiya, kist fibroz va fenilketonuriya kabi kasalliklar uchun — ongli reproduktiv tanlovlar va erta

ISSN 3030-3907

aralashuv imkonini beradi. Bundan tashqari, onaning to‘g‘ri ovqatlanishi — vitaminlar, temir va yodning yetarli qabul qilinishi — homila o‘sishini yaxshilaydi va past tug‘ruq vazni hamda neyro-rivojlanish buzilishlari xavfini kamaytiradi.

Sog‘liqni saqlash bo‘yicha ta’lim kampaniyalari va jamoaga asoslangan dasturlar reproduktiv yoshdagi ayollarda homiladorlikni rejalashtirish, antenatal yordamdan foydalanish va ekologik xavflardan saqlanish bo‘yicha xabardorlikni oshiradi.

Umuman olganda, ushbu birlamchi profilaktika choralarining majmuasi tug‘ma anomaliyalar va perinatal kasallanish yukini populyatsiya darajasida kamaytirishga qaratilgan integratsiyalashgan yondashuvni tashkil etadi.

Ikkilamchi va uchlamchi profilaktika strategiyalari tug‘ma anomaliyalar va perinatal asoratlardan aziyat chekkan bolalarda erta aniqlash, davolash va reabilitatsiyaga qaratilgan.

Ikkilamchi profilaktika homiladorlik davrida, tug‘ruq vaqtida va chaqaloqlikning dastlabki bosqichlarida yuqori xavfli homiladorliklarni yoki zararlangan neonatlarni aniqlash uchun tizimli skrining va diagnostika dasturlarini o‘z ichiga oladi. Prenatal skrining — ultratovush tekshiruvi, serum markerlari va genetik testlar orqali — nerv naychasi nuqsonlari, tug‘ma yurak nuqsonlari va xromosoma anomaliyalarini erta aniqlash imkonini beradi. Yangi tug‘ilgan chaqaloqlar uchun metabolik va endokrin kasalliklar — fenilketonuriya va tug‘ma gipotiroidizm — bo‘yicha skrining dasturlari og‘ir nogironlikning oldini olish uchun o‘z vaqtida aralashuvni ta’minlaydi. Erta postnatal aralashuvlar — tug‘ma malformatsiyalarni jarrohlik yo‘li bilan tuzatish va maxsus neonatal intensiv terapiya — kasallanishni sezilarli darajada kamaytiradi va omon qolish ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi.

Uchlamchi profilaktika uzoq muddatli reabilitatsiyani o‘z ichiga oladi. Bunga fizioterapiya, mehnat terapiyasi va ta’limiy qo‘llab-quvvatlash kiradi. Maqsad — nogiron bolalarda funksional mustaqillikni maksimal darajada oshirish va hayot sifatini yaxshilashdir. Tug‘ma OIV infeksiyasi kontekstida antiretrovirus terapiyani (ART) erta boshlash kasallikning rivojlanishini va opportunistik infeksiyalarni sezilarli darajada kamaytiradi hamda global pediatrik OIV boshqaruvi bo‘yicha ko‘rsatmalarga mos keladi.

XULOSA.

Jamoaga asoslangan qo‘llab-quvvatlash dasturlari, oilaviy maslahat va inklyuziv ta’lim tizimiga integratsiya qilish ijtimoiy, psixologik va rivojlanish ehtiyojlarini qondirish orqali natijalarni yanada yaxshilaydi. Umuman olganda, ikkilamchi va uchlamchi profilaktika tug‘ma va perinatal holatlarning ta’sirini

ISSN 3030-3907

kamaytiruvchi hamda optimal o‘sish va rivojlanishni qo‘llab-quvvatlovchi uzluksiz parvarish tizimini shakllantiradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Abdufattaev, A.A., et al. (2017). *Epidemiology of childhood disabilities in Uzbekistan: Regional differences and risk factors.* Central Asian Journal of Global Health, 6(2), 45–52.
2. Abdufattaev, A.A., et al. (2017). *Epidemiology of childhood disability in Uzbekistan: Regional differences and social determinants.* Central Asian Journal of Pediatrics, 3(2), 45–56.
3. Islomova, N., et al. (2018). *Perinatal and congenital factors influencing childhood disability in Uzbekistan.* BMC Pediatrics, 18(1), 221.
4. Khodjaev, S., et al. (2019). *Regional disparities in child health and disability in Central Asia.* Pediatric Health, Medicine and Therapeutics, 10, 89–102.
5. Kasimova D.A. Bolalar nogironligini oldini olish, ularni parvarishlash va ijtimoiy yordam ko‘rsatishni takomillashtirish. Monografiya. Toshkent – 2023.
6. Касимова Д.А. Основные закономерности динамики детской инвалидности. //Бюллетень Ассоциации врачей РУз. Ташкент, 2012 №1-С.40-42.
7. Касимова Д.А. Прогнозирование риска и многоуровневая программа профилактики детской инвалидности. Научные-методические рекомендации. Ташкент, 9 декабря 2011.-15с.
8. Касимова Д.А. Пути повышения качества детской инвалидности в условиях первичной медико-санитарной помощи. //Республиканская конференция: «Развитие первичного звена здравоохранения Узбекистана за 10 лет». Ташкент, 06.2010. –С.136.
9. Касимова Д.А. Структура и уровень детской инвалидности (по материалам Мирзо Улугбекского района). // Дни молодых учёных. ТМА. Ташкент,19-20 апреля 2011. -С. 32.
10. Касимова Д.А., Маматкулов Б.М. Медико-социальные аспекты детской инвалидности. Врач аспирант. Воронеж, 2011 -№ 2,3 (45). -С. 512-516.
11. Kasimova D.A., Fayzullayeva X.A. Characteristics of disabled children born with congenital anomalys in Fergana region. Web of medicine: Journal of medicine, Practice and nursing. Volume 3, Issue 2, February 2025. 35-https://webofjournals.com/
12. Касимова Д.А. Врождённые аномалии у детей. Research journal of trauma and disability studies Volume: 4 Issue: 2 | Feb–2025. 23-26 с. http://journals.academiczone.net/index.php/rjtds

ISSN 3030-3907

13. Алехина С.В., Мельник Ю.В. Социальная адаптация детей с ограниченными возможностями здоровья в образовательной среде. Психологическая наука и образование.2018.Т. 23, №5.С. 81–90. https://psyedu.ru/journal/2018/5/Alekhina_Melnik.phtml.DOI: 10.17759/pse.2018230509.
14. Батыгина Н.А., Клочкова Е.В. Дети с инвалидностью как медико-социальная и социально-экономическая проблема. *Социальные аспекты здоровья населения*, 2016, №4 (50), с. 1–12. DOI: 10.21045/2071-5021-2016-50-4-2. https://vestnik.mednet.ru/content/view/771/30/lang,ru/
15. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Намазова-Баранова Л.С. Врожденные пороки развития как ведущая причина детской инвалидности. *Вопросы современной педиатрии*, 2015, Т.14, №5, с. 523–529. DOI: 10.15690/vsp.v14i5.1446. https://vsp.spr-journal.ru/jour/article/view/1446
16. Беляева И.А., Баранов А.А. Профилактика врожденных пороков развития у детей: современные подходы. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2019. – Т. 98, №4. – С. 8–15. https://pediatriajournal.ru/archive?show=373. DOI: 10.24110/0031-403X-2019-98-4-8-15
17. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С. Хронические заболевания у детей как фактор формирования инвалидности. *Вопросы современной педиатрии*, 2015, Т.14, №2, С. 201–206. https://vsp.spr-journal.ru/jour/article/view/161. DOI: 10.15690/vsp.v14i2.1286.
18. Баранов А.А., Намазова-Баранова Л.С., Терлецкая Р.Н. Детская инвалидность, обусловленная болезнями системы кровообращения. *Вопросы современной педиатрии*, 2016, Т.15, №6, С. 565–571. https://vsp.spr-journal.ru/jour/article/view/1768 DOI: 10.15690/vsp.v15i6.1654

ISSN 3030-3907