ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

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.

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	Sorbentlarni bo‘tanadan ajratish parametrlarini tadqiq qilish orqali sorbsiya jarayoni texnologiyasini takomillashtirish mavzusi bo‘yicha Adabiyotlar tahlili *Yarlaqabov Sardor Komil o‘g‘li* *Saidaxmedov Aktam Abdisamiyevch* *Axmedov Madatjon Sevdiyor o‘g‘li*	9
2	Raqamli ekologiya: sun’iy intellekt va gis texnologiyalari asosida bioxilma-xillik monitoringi (buxoro viloyati misolida) *Murodova Xilola Umarqulovna* *Ibroyimova Bahor Iskandar qizi* *Yoqubov Muxriddin Erkin o‘g‘li*	17
3	Исследование поперечного изгиба составного питающего цилиндра в зон питании пневмомеханических прядильных машин *Мирзаев Отабек Абдукаримович* *Эшмухамедов Латиф Махмаюсуфович* *Хакимова Рўзихол Абдумажид кизи*	25
4	Aromatik uglevodorodlar va ularning sanoatdagi ahamiyati *Temirov A.H.* *Axmedova Sh.* *Shodiyev D.X.*	38
5	Anor (punica granatum l.) Mevasi qobig‘idagi pektin miqdorini aniqlash va uning xususiyatlari *Bo‘riev H. A.* *Eshmatov F. X.*	49
6	Ar/vr tizimlarida yopiq makon uchun fazoviy lokalizatsiya usullarining tahlili *Sayfiyev Eldor Erkinovich*	53
7	Bolalarda surunkali piyelonefrit kechishida tubulointerstitsial tizim zararlanishi hamda mikrobial-metabolik buzilishlarni fitometofilaktika orqali optimallashtirish *Aralov Mirza Djo`raqulovich*	64
8	Konchilik sanoat korxonalarining elektr tarmoqlarida elektr energiyasi samaradorligini oshirish *Fayziyev Sherzod Shuxrat o‘g‘li* *Majidov Ahror Umatulla o‘g‘li* *Muxammadov Bobur Quvondiq o‘g‘li*	73
9	Technologies for emotion recognition using artificial intelligence *Xudoyorov Shaxriyor* *Ernazarov Mirzohid*	82
10	Neft-gaz sanoatida korroziya jarayonlari va ularni oldini olish *Temirov A.H.* *Axmedova Sh.* *Shodiyev D.X.*	88
11	Dolomitlarni ekstraktsion solishtirma parchalash vositasida tarkibidagi magniy komponentlarini eritmaga o'tkazish va ajratish *M.M.Rajabova* *A.A.Xaydarov*	102
12	Theoretical approaches to reduce water losses in irrigation channels and bibliometric analysis of scientific research. *A. Arifjanov* *A. Fatxulloyev* *D. Bakhromova* *H. Yuldosheva* *M . Gafforova*	108
13	Byudjet mablag‘laridan foydalanish samaradorligini ta’minlashda jamoatchilik nazoratini rivojlantirish *Iskandarov Zaylidin Fayozidinovich*	120

ISSN 3030-3907

14	Parametrik noaniqlik sharoitida ammiak sintezi reaktorining intellektual robust boshqaruv tizimi sintezi *To'lqin Botirov* *Ruxsora Jo'rayeva*	129
15	Asfalt frezalash mashinasi ishchi organlari uzatish mexanizmini va hisoblash usullarini takomillashtirish *Rustamov Kamoliddin Jo'raboyevich* *Xusenova Gulrux Yusuf qizi*	136
16	The importance of trace elements in somatic diseases in children *Ruzmetova Saodat Umarjonovna* *Xosilova O'g'iloy*	148
17	Perinatal shikastlanishi bo'lgan bolalarda anemiya va raxit rivojlanishining klinik-patogenetik xususiyatlari *Ruzmetova Saodat Umarjonovna* *Donaboyeva Komila Anvar qizi*	155
18	Развитие критического мышления и цифровой грамотности студентов педагогических вузов *Хисматова Халиса Фаитовна*	162
19	Изучение изменения кальциферола в яйцах в зависимости от сезона года *Тошмуродов Д. А.*	170
20	Научно-практические основы очистки раствора метилдиэтаноламина от термостабильных солей коллоидно-химическими методами *Джураева Л.Р* *Рузиев Ф.Б*	177
21	Vinilxlorid monomeri sintezi uchun ko'mir o'zagi asosidagi mis (I) xloridini vaqt o'zgarishi bo'yicha mis (II) xloridiga o'tishi va fizik-kimyoviy xossalarining tadqiqoti *Muxiddinov Baxodir Faxriddinovich* *Sa'dullayev Shohrud Mexriddin o'g'li*	184
22	O'qituvchining raqamli kompetentligini rivojlantirishning zamonaviy yondashuvlari *M.Pulatova* *O'raqov Elbek To'lqin o'g'li*	194
23	Особенности разработки нефтяных оторочек на нефтегазоконденсатных месторождениях *Добычина Светлана Олеговна* *Евстафеев Евгений Александрович* *Куликова Виктория Дмитриевна*	201
24	Технология asp (пав–щелочь–полимер) для повышения нефтеотдачи пластов *Акрамов Бахшилло Шафиевич* *Добычина Светлана Олеговна* *Инамов Алмаз Тахиржанович*	210
25	Tomchilatib sug'orishda tuproq namlanishi konturlari hosil bo'lishining matematik modeli *Karimov G'olib Hojiqurbonovich*	218
26	Hamming masofasi va xor mantiqiy amali asosida few-shot learning klassifikatsiyasini amalga oshirish *Mamagapurova Shahodat Shavkat q*	225
27	Magniyni elektroliz usulida olish texnologiyasi *Mamarajabov Davronbek Mamarajab o'g'li*	230
28	Gas chromatographic analysis of the pyrolysis distillate fraction isolated at 200°C through a raschig ring packing *Valieva Shakhlo Sharof qizi* *Yusupova Lola Azimovna*	236
29	Development of a neuro-symbolic algorithm for identifying the subject and attribute in uzbek sentences *Sharipov M.S.* *Avezmatov I.D.* *Bakhtiyorova M.N.* *Alimbaeva Y.A.*	244

ISSN 3030-3907

30	O‘zbek tili matnlarida tinish belgilarini tahlil qilishning gibrid modeli va dasturiy majmuasini ishlab chiqish. *Adinayev X.S.*	251
31	Анализ физико-химических свойств и элементного состава золы биомассы для производства устойчивых удобрений *Н.Шарипов* *З.К. Дехканов* *Г.Норматов*	262
32	Sensorli axborot tizimlarida impulsli uzatish usulini qo‘llashning amaliy qirralari *Usmonali Iskandarov*	276
33	Energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash va energiya samaradorligini oshirish muammolari *Panayev Dilshod Uroq o‘g‘li* *Norboboyev Navro‘zbek Nurbek o‘g‘li*	283
34	Boshlang‘ich sinflar matematika darslarida didaktik o‘yinlarning qo‘llashning afzalliklari *Hakimova Mexriniso Homitovna*	290
35	Uglerod tolalarining polipropilenning fizik-mexanik xossalariga ta’siri *To‘rayev Erkin Rustamovich* *Gulnoza. Quluyeva* *Nayima Bozorova*	296
36	Влияние механической и термической активации на сорбционные свойства бентонита и сапропеля *Эргашева Ш.А.* *Шарипов С.Ш.* *Жаналиева Р.Н.* *Тагаев С.У*	308
37	Понятие национально-культурной реалии в переводоведении *Хасанова Дилдора Шухратовна*	326
38	Сравнительный анализ фактического и потенциального содержания конденсата как инструмент диагностики процессов выноса жидкой фазы на газоконденсатных месторождениях *Куликова Виктория Дмитриевна* *Евстафеев Евгений Александрович* *Добычина Светлана Олеговна*	331
39	Анализ конструкций солнечных сухилок *Р.С.Сафаров*	340
40	Sharbat konservalashtirish texnologiyalari: zamonaviy usullar, qurilmalar va sifatni boshqarish *Elmanov Abbos Begmat o‘g‘li* *Musurmonova Dilnoza Dilshod qizi*	350
41	O‘zbekiston respublikasida muvofiqlikni baholash organlarini akkreditatsiyadan o‘tkazish tizimini iso/iec 17011:2017 xalqaro standart talablari asosida takomillashtirish modeli *Xudayberdieva Odinahon Ikromjon qizi* *Mamadaliyeva Dildora Abdulmalikovna*	359
42	Robot manipulyatorlarining energiya sarfini kamaytirishda neyron tarmoq usullarini qo‘llash *Mirzakarimov Rustambek Xusanboy o‘g‘li*	372
43	Analyzing the effectiveness of workplace conditions and equipment injury risk assessment *Azizov Shavkat Abdurahmanovich* *Eshmukhamedov Latif Makhmayusufovich* *Qudratov Bunyod*	379
44	Texnologik ta’limda fanlararo aloqadorlikning ahamiyati *Madraximova Maxfuza Axmedovna* *Madraximov Shuxratjon Shukurovich*	386
45	Raqamli texnologiyalar va interfaol metodlar asosida informatika ta’limini modernizatsiya qilishning nazariy-metodik asoslari *Madraximova Maxfuza Axmedovna*	391

ISSN 3030-3907

	Madraximov Shuxratjon Shukurovich	
46	O‘zbekiston yuk avtomobillari uchun aerodinamik deflektor konstruksiyasini cfd simulyatsiya usulida optimallashtirish *Biloldinov Xusanboy Zafar o‘g‘li* *Odilov Furqat Umarbekovich*	396
47	Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashida D vitamini va dietadagi kaltsiyning o‘rni Bozorova Ziyoda Anvarjon Buronov	402
48	Tug‘ruq jarayonida epidural anesteziyaning ona va chaqaloqqa ta’siri. *Ikromova Parvina Xamidjonovna* *O‘ngboyev Timur Jumanazar o‘g‘li*	409
49	Termiz shahri misolida yozgi ekstremal harorat sharoitida piyodalar mobilitetini qo‘llab-quvvatlovchi sovuqlik koridorlari infratuzilmasini rivojlantirish bo‘yicha ilmiy takliflar *Xakimova Rohila Xurramovna*	416
50	Sun'iy intellekt yordamida masofaviy ta'lim sifatini baholash *Abdukadirov Abduvohid Gapirovich*	425
51	Сорбционные свойства неавтоклавного газобетона с добавкой кмц 3% *Пулатова Д.Г*	438
52	“Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining texnologik xususiyatlari va kislotali muhitga bardoshli materiallar olishga yaroqliligini sinash bo‘yicha tadqiqotlar natijalari *Kamolov Bo‘ri Sirojovich* *Rahmatov Xudoyor Boboniyozovich* *Masharipova Sharofat Muxammadovna*	442
53	Разработка технологии получения высокореакционной хлопковой целлюлозы для химической переработки *Р.С. Сайфутдинов* *У.Д. Мухитдинов* *А.Б. Нигматов*	453
54	Endometrioz va bepushtlikka ega bo‘lgan ayollarning psixoemotsional holatiga klinik va laboratoria xususiyatlarining ta'siri *Rayimjanova Kamilla Farxodovna*	465
55	Механическая активация бентонита навбахорского месторождения и сапропеля как способ повышения их сорбционных свойств *Эргашева Ш.А.* *Шарипов С.Ш.* *Жаналиева Р.Н.* *Тагаев С.У*	474
56	Планирование эксперимента и методы определения физико-химических и хлебопекарных свойств пшеничного зерна *Туйчиева Дилрабо Мамиржоновна*	488

ISSN 3030-3907

SORBENTLARNI BO‘TANADAN AJRATISH PARAMETRLARINI TADQIQ QILISH ORQALI SORBSIYA JARAYONI TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH MAVZUSI BO‘YICHA ADABIYOTLAR TAHLILI

Yarlaqabov Sardor Komil o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti tayanch doktoranti
Saidaxmedov Aktam Abdisamiyevch
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti t.f.d., dotsent
Axmedov Madatjon Sevdiyor o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.
E-mail: www.sardoryarlakabov33@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada CIP (Carbon-in-Pulp) va RIP (Resin-in-Pulp) texnologiyalarida sorbentlarni bo‘tanadan ajratish uchun qo‘llaniladigan barabanli g‘alvir (trommel) konstruksiyalarining rivojlanish tarixi va hozirgi holati adabiyotlar va patent materiallari asosida tahlil qilingan. Xalqaro patentlar (AQSH, Yaponiya, Buyuk Britaniya, SSSR), Derrick korporatsiyasining zamonaviy texnologiyalari (G-Vault, Trilogy, Hyperpool), shuningdek, Janubiy Afrika va Avstraliyaning ilmiy nashrlari tahlil qilingan. Tahlil natijalariga ko‘ra, mavjud konstruksiyalarning asosiy kamchiliklari – setkaning tiqilib qolishi (blinding), mexanik yemirilish, abraziya va nam bo‘tanalarda samaradorlikning pastligi – aniqlangan. Adabiyotlar tahlili asosida keyingi tadqiqotlar yo‘nalishi belgilangan.

Kalit so‘zlar: adabiyotlar tahlili, barabanli galvir, trommel, CIP, CIL, RIP, sorbent, tiqilib qolish, to‘r, ponasimon sim, poliuretan, ko‘taruvchi plankalar.

Аннотация. В данной статье на основе литературных и патентных материалов проанализированы история развития и современное состояние конструкций барабанных грохотов (trommel), используемых для отделения сорбентов от пульпы в технологиях CIP и RIP. Проанализированы международные патенты (США, Япония, Великобритания, СССР), современные технологии корпорации Derrick (G-Vault, Trilogy, Hyperpool), а также научные публикации Южной Африки и Австралии. По результатам анализа выявлены основные недостатки существующих конструкций – забивание сетки (blinding), механический износ, абразия и низкая эффективность на влажных пульпах. На основе обзора литературы определено направление дальнейших исследований.

Ключевые слова: обзор литературы, барабанный грохот, trommel, CIP, CIL, RIP, сорбент, забивание, забивание (сита), клиновидная проволока, полиуретан, лифтеры (подъёмные планки).

Abstract. This article analyzes the history and current state of trommel screen designs used for separating sorbents from pulp in CIP and RIP technologies based

on literature and patent materials. International patents (USA, Japan, Great Britain, USSR), Derrick Corporation's modern technologies (G-Vault, Trilogy, Hyperpool), as well as scientific publications from South Africa and Australia are analyzed. The analysis results identify the main disadvantages of existing designs – screen blinding, mechanical wear, abrasion, and low efficiency on wet pulps. Based on the literature review, a direction for further research is determined.

Keywords: literature review, trommel screen, CIP, CIL, RIP, sorbent, blinding, wedge wire, polyurethane, lifter bars.

KIRISH.

Metallurgiya jarayonlarida, xususan, oltin va boshqa qimmatbaho metallarni qayta ishlashda Carbon-in-Pulp (CIP) va Resin-in-Pulp (RIP) texnologiyalari keng qo‘llaniladi. Ushbu jarayonlarda faol uglerod yoki ion almashinuvchi smola zarralari pulpa ichida erigan metall ionlarini adsorbsiya qiladi. Sorbent zarralarini pulpadan samarali ajratish esa butun texnologik sxemaning muhim bosqichi hisoblanadi. Buning uchun turli xil g‘alvirlar, shu jumladan barabanli konstruksiyalar qo‘llaniladi [1]. Barabanli g‘alvirlarning rivojlanish tarixi 20-asrning ikkinchi yarmiga borib taqaladi. Dastlabki konstruksiyalar oddiy silindrik shaklda bo‘lib, ular asosan mexanik filtratsiya printsipiga asoslangan edi. SSSR, AQSh va Yevropa patentlarida bu turdagi qurilmalar uchun bir qator texnik yechimlar taklif etilgan. Keyinchalik, Janubiy Afrika va Avstraliya oltin konlarida bu texnologiyalar faol takomillashtirildi [2]. Zamonaviy bosqichda “Derrick Corporation” kabi yetakchi kompaniyalar bu sohada sezilarli yutuqlarga erishdi. Ularning G-Vault, Trilogy va Hyperpool texnologiyalari an’anaviy cho‘zinchoq sim ekranlarni sintetik materiallar bilan almashtirishga asoslangan. Bu yechimlar ochiq maydonni oshirish (33% gacha), tiqilib qolishni kamaytirish va abraziyaga chidamliligini oshirish imkonini beradi. G-Vault interstage ekrani, masalan, an’anaviy metall ekranlarga qaraganda uzoqroq xizmat muddatiga va yuqori o‘tkazuvchanlikka ega [3].

Adabiyotlarda ko‘rsatilishicha, mavjud barabanli va interstage g‘alvirlarning asosiy kamchiliklari quyidagilardan iborat:

Setkaning tiqilib qolishi — ayniqsa nam pulpalarda va mayda zarralar mavjud bo‘lganda, mexanik yemirilish va abraziya — doimiy harakat va yuqori abraziv muhit tufayli va past samaradorlik — yuqori konsentratsiyali sorbentlarda va katta hajmdagi pulpalarda quvvat yetishmasligi [4].

Ushbu kamchiliklar natijasida sorbent zarralarining yo‘qolishi, oltin tiklanish darajasining pasayishi, texnologik jarayonning to‘xtab qolishi va yuqori texnik xizmat xarajatlari kuzatiladi. Derrick korporatsiyasining G-Vault texnologiyasi bu muammolarni qisman hal qilishga qaratilgan bo‘lib, poliuretan materiallaridan foydalanish orqali ekranlarning ishlash muddatini 12 oydan ortiqqa

ISSN 3030-3907

yetkazgan, tiqilib qolishni sezilarli darajada kamaytirgan va ochiq maydonni oshirgan [5]. Amaliy tajribalarda “Nevada Gold Mines” va “OceanaGold” konlarida “G-Vault” setkalari an’anaviy setkalarga nisbatan texnik xizmat ko‘rsatishni kamaytirib, ishlab chiqarish samaradorligini oshirgan. Biroq, nam va yuqori abraziv pulpalarda to‘liq muammosiz ishlash, modulli konstruksiyalarning uzoq muddatli chidamliligi va turli iqlimiy sharoitlarda samaradorlikni saqlash kabi masalalar hali ham dolzarb bo‘lib qolmoqda. Mavjud adabiyot va patent materiallarini chuqur tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, barabanli g‘alvir konstruksiyalarini yanada takomillashtirish — sorbentlarni pulpadan ajratish jarayonining umumiy samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu tadqiqot aynan shu yo‘nalishda mavjud kamchiliklarni bartaraf etish va yangi yechimlarni ishlab chiqishga qaratilgan.

Yaponiya patentlarida ham barabanli g‘alvirlarda tiqilib qolish muammosini hal qilishga qaratilgan yechimlar mavjud. Furukawa Co., Ltd. kompaniyasining JP3635138B2 patentida (ixtirochi: Masahiko Kagawa, e’lon qilingan sana: 06.04.2005) tiqilib qolishni oldini oluvchi оригинал konstruksiya taklif etilgan [6]. Ushbu patentda barabanli g‘alvirning elak qismi ikki turdagi elementlardan tashkil topgan: statsionar aylanuvchi element va ekssentrik harakatlanuvchi element. Agar material tirqishda tiqilib qolsa, harakatlanuvchi elementning ekssentrik aylanishi natijasida tirqish vaqtincha kengayadi va tiqilgan material o‘z-o‘zidan tushib ketadi. Bu mexanizm setkaning tiqilib qolishini samarali oldini oladi.

Biroq, ushbu konstruksiya bir qator muhim cheklovlarga ega. Birinchidan, u setkaning mexanik yemirilishi va abraziya muammosini hal qilmaydi, chunki zarba va tebranish natijasida elementlarning yirtilish yoki deformatsiya ehtimoli yuqori bo‘lib qoladi. Ikkinchidan, ekssentrik mexanizmning mavjudligi konstruksiyani murakkablashtiradi, bu esa ishlab chiqarish va ekspluatatsiya xarajatlarini sezilarli darajada oshiradi. Uchinchidan, patent asosan quruq yoki kam namlikdagi materiallar uchun mo‘ljallangan bo‘lib, yuqori namlikdagi mayin pulpalarda (CIP va RIP jarayonlaridagi bo‘tana) va qatron ajratishda samaradorligi past bo‘ladi.

SSSR davrida ham barabanli g‘alvirlarning takomillashtirilishiga qaratilgan bir qator ixtirolar mavjud. Ulardan biri — A.K. Razumovskiyning mualliflik guvohnomasi № 713610 (e’lon qilingan sana: 05.02.1980) da qiya o‘rnatilgan aylanuvchi barabanli g‘alvir taklif etilgan [7].

Ushbu ixtiroda yo‘naltiruvchi qurilma bir tomoni ochiq nov shaklida yasalgan bo‘lib, uning tubida baraban uzunligi bo‘ylab bir tekisda qovurg‘ali plastinalar qatori joylashtirilgan. Nov galvirning bo‘ylama o‘qiga nisbatan og‘ish burchagini o‘zgartirish va uning atrofida aylanish imkoniyati bilan o‘rnatilishi mumkin. Plastinalarning uchlari material harakatiga qarshi egilgan va ular 5-15° burchak ostida o‘rnatilgan. Bu mexanizm galvirga kelayotgan mahsulotni galvir

ISSN 3030-3907

setkasi yuzasi bo‘ylab bir tekis tarqalishini ta’minlaydi va natijada galvirning umumiy ish samaradorligini oshiradi.

Biroq, mazkur konstruksiya bir qator cheklovlarga ega. Birinchidan, ixtiro asosan yirik donador o‘lchamdagi rudalarni suvsizlantirish uchun samarali bo‘lib, nam va mayin yanchilgan rudalarni galvirlashda yoki CIP/RIP jarayonlaridagi bo‘tanadan ion almashinuvchi qatronlarni ajratib olishda yetarli samara bermaydi. Ikkinchidan, galvirga o‘rnatiladigan kichik o‘lchamli zanglamaydigan setkaning mustahkamligi yirik o‘lchamli ruda bo‘laklarining zarbasiga bardosh bera olmaydi, bu esa tez yemirilish va tez-tez almashtirish zaruratini keltirib chiqaradi.

AQSh patentlarida CIP/CIL jarayonlari uchun maxsus mo‘ljallangan zamonaviy yechimlardan biri — US9694390B1 patentidir (ixtirochi: Masataka Tsutsumi, e’lon qilingan sana: 04.07.2017). Ushbu patentda rotary cage screen (aylanuvchi qafasli galvir) apparati taklif etilgan [8].

Konstruksiyasi: Qurilma asosan ramka, aylanuvchi qafasli ekran, gidravlik muhrlar bilan bog‘langan hopper, lifter elementlari va tozalash uchun purkagich tizimidan iborat. Aylanuvchi qafas poliuretan ekran materialidan yasalgan bo‘lib, ichida lifterlar joylashgan. Qurilma adsorbsiya tankiga qisman botirilgan holda ishlaydi. Aktivlangan ko‘mir yoki qatron zarralari lifterlar yordamida ko‘tariladi va maxsus yig‘ish qismiga tushadi, qolgan pulpa esa ekrandan o‘tib hopperga tushadi. Haydash tizimi zanjir o‘rniga ishqalanish g‘ildiraklari orqali amalga oshiriladi, bu esa mexanik eskirishni kamaytiradi. Tiqilib qolish muammosini kamaytirish, avtomatik tozalash tizimi va past texnik xizmat talablari. Konstruksiya nisbatan murakkab bo‘lib, yuqori narx va o‘rnatish qiyinligini keltirib chiqaradi. Yuqori abraziv muhitda ekran materialining uzoq muddatli chidamliligi cheklangan. Shuningdek, juda yuqori konsentratsiyali yoki juda mayin pulpalarda samaradorligi pasayishi mumkin. Qurilma asosan yirik sanoat tanklari uchun mo‘ljallangan bo‘lib, kichikroq korxonalarda qo‘llash qiyin.

1-jadval.

Barabanli g‘alvir konstruksiyalarining qiyosiy tahlili

Konstruksiya (yil)	Asosiy xususiyati	Afzalliklari	Kamchiliklari	CIP/RIP uchun moslik
Razumovskiy SSSR (1980)	Qiya o‘rnatilgan aylanuvchi baraban	Arzon, sodda konstruksiya	Mayda pulpalar uchun samarasiz;	Past

ISSN 3030-3907

Konstruksiya (yil)	Asosiy xususiyati	Afzalliklari	Kamchiliklari	CIP/RIP uchun moslik
			setka tez yemiriladi	
JP3635138B2 Yaponiya (2005)	Ekssentrik harakatlanuvchi elementli g‘alvir	Tiqilib qolishni mexanik oldini oladi	Murakkab; mexanik yemirilish yuqori; nam pulpada samarasiz	O‘rta
US9694390B1 AQSh (2017)	Aylanuvchi qafasli (rotary cage screen) g‘alvir	Avtomatik tozalash; poliuretan material	Juda qimmat; o‘rnatish qiyin; kichik korxonalar uchun mos emas	Yuqori
G-Vault, Derrick (2022)	Poliuretan modulli ekran	Uzoq xizmat muddati (12+ oy); tiqilish kam; ochiq maydon 33% gacha	Nam va yopishqoq pulpalarda muammolar; yuqori boshlang‘ich narx	

1-jadvalda keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, dastlabki konstruksiyalar (Razumovskiy, 1980) asosan yirik rudalarni suvsizlantirishga mo‘ljallangan bo‘lib, CIP/RIP jarayonlarida samaradorlik past bo‘lgan. Yaponiya patenti (JP3635138B2) tiqilib qolish muammosini mexanik yo‘l bilan hal qilishga urinilgan, biroq konstruksiyaning murakkabligi va yuqori narxi uni keng qo‘llashga imkon bermagan. Eng yaxshi natijalar Derrick korporatsiyasining G-Vault

ISSN 3030-3907

texnologiyasida kuzatilgan, ammo nam va yopishqoq pulpalarda hali ham muammolar mavjud.

XULOSA.

Adabiyotlar va patentlarni tahlil qilib chiqqach, quyidagi asosiy xulosalarga keldik.

So‘nggi 40 yil ichida CIP va RIP jarayonlarida sorbentlarni pulpadan ajratish uchun turli xil barabanli g‘alvir va interstage ekranlar taklif qilingan. Dastlabki ishlanmalar (masalan, SSSR mualliflik guvohnomasi №713610, 1980) asosan yirik rudalarni suvsizlantirishga mo‘ljallangan edi va nam, mayin bo‘tanalarda unchalik samarali bo‘lmagan. Yaponiya patenti JP3635138B2 (2005) tiqilib qolish muammosini mexanik yo‘l bilan hal qilishga urinilgan, ammo konstruksiya murakkab chiqib, mexanik yemirilish va yuqori xarajat muammolarini hal qilmagan.

AQSh patenti US9694390B1 (2017) aylanuvchi qafasli galvir bilan yangiroq yondashuvni taklif qilgan. Bu yechim tiqilib qolishni kamaytirish va avtomatik tozalashni ta’minlagan bo‘lsa ham, narxi yuqori va murakkabligi sababli hamma korxonalar uchun qulay emas.

Eng yaxshi natijalarni hozirgi paytda Derrick Corporationning G-Vault texnologiyasi (US11213856B2 va NZ774862 patentlari) ko‘rsatmoqda. Poliuretan materiallar va modulli dizayn tufayli tiqilib qolish sezilarli darajada kamaygan, ekranlarning ishlash muddati uzaygan va texnik xizmat xarajatlari pasaygan.

Umumiy xulosa shuki, so‘nggi yillarda bu sohada anchagina oldinga siljish bo‘lgan. Tiqilib qolish muammosini yumshatish, ochiq maydonni oshirish va modulli yechimlar kabi yutuqlar mavjud. Lekin hali ham hal etilmagan muammolar ko‘p: nam va yopishqoq pulpalarda setkaning tiqilishi, yuqori abraziv muhitda tez yemirilish, konstruksiyalarning murakkabligi va yuqori xarajati. Ayniqsa, mahalliy sharoitlarda (yuqori konsentratsiyali va mayin pulpalarda) ishlaydigan, sodda, ishonchli va arzonroq konstruksiyalarga ehtiyoj katta.

Shu sababli, mavjud texnik yechimlarning kamchiliklarini hisobga olgan holda yangi, takomillashtirilgan barabanli g‘alvir konstruksiyasini ishlab chiqish bu yo‘nalishdagi tadqiqot uchun dolzarb va zaruriy hisoblanadi

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Colgrove, J. R., & Smith, C. C. (inventors). (2023). Method and apparatuses for screening (New Zealand Patent No. NZ774862). Derrick Corporation. https://patents.google.com/patent/NZ774862A/en

2. Baguley, W., & Clamp, T. J. (inventors). (1994). Apparatus for separating particulate material from a liquid (Australian Patent No. AU646869B2). https://patentimages.storage.googleapis.com/aa/98/da/158f0e46788bbe/AU646869B2.pdf

ISSN 3030-3907

3. Derrick Corporation. (2024). Gold processing solutions [Brochure]. https://derrick.com/wp-content/uploads/2024/08/Derrick-Gold-Processing-Solutions-Brochure_LR.pdf
4. Colgrove, J. R., & Smith, C. C. (inventors). (2022). Method and apparatuses for screening (U.S. Patent No. US11213856B2). Derrick Corporation. https://patents.google.com/patent/US11213856B2/en
5. Derrick Corporation. (2024). G-Vault complete interstage unit [Product brochure]. https://derrick.com/wp-content/uploads/2024/08/Derrick-GVault-Complete-Interstage-Unit_HR.pdf
6. Badra, M., Colgrove, J. R., & Nicosia, A. (2020). Advancements in interstage screening using synthetic media to improve performance at Nevada Gold Mines resin in leach facility. SME Annual Conference.
7. Razumovskiy, A. K. (1980). Qiya o‘rnatilgan aylanuvchi barabanli galvir (SSSR Mualliflik guvohnomasi № 713610).
8. Tsutsumi, M. (inventor). (2017). Rotary interstage screen apparatus (U.S. Patent No. US9694390B1). Sizetec, Inc. (hozirgi Consep Sizetec Ltd.). https://patents.google.com/patent/US9694390B1/en
9. Derrick Corporation. (2024a). Gold processing solutions [Brochure]. https://derrick.com/wp-content/uploads/2024/08/Derrick-Gold-Processing-Solutions-Brochure_LR.pdf
10. Mining Technology. (2020). Derrick introduces G-Vault® polyurethane interstage screen. https://www.mining technology.com/contractors/separation/derrick/pressreleases/g-vault-interstage-screen/
11. Davidson, R. J., & Schoeman, N. (1991). The management of carbon in a high-tonnage CIP operation. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 91(6), 195–208.
12. Adams, M. D., & Burger, A. M. (1998). Characterization and blinding of carbonaceous preg-robbers in gold ores. Minerals Engineering, 11(10), 919–927.
13. Zhou, J., et al. (2015). Surfactant blinding agents for refractory carbonaceous gold ores in cyanide leaching. [Conference paper].
14. Wenner, J. E. (1998). Derrick interstage screen for carbon-in-pulp mills. Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
15. Multotec. (n.d.). Typical gold CIP and CIL beneficiation flow sheet [Technical document].
16. Kason Corporation. (n.d.). Circular vibrating screens improve recovery of gold and silver.

ISSN 3030-3907

17. Vorobev-Desyatovskiy, V. (2023). Ways of reducing the loss of adsorbent and gold while processing cyanide pulpes by using activated carbons. Tsvetnye Metally.

ISSN 3030-3907

RAQAMLI EKOLOGIYA: SUN'IY INTELLEKT VA GIS TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BIOXILMA-XILLIK MONITORINGI (BUXORO VILOYATI MISOLIDA)

Murodova Xilola Umarqulovna
Buxoro davlat universiteti Tayanch doktoranti(PhD)
E-mail: khilolamurodova08@gmail.com
Ibroyimova Bahor Iskandar qizi
Buxoro davlat texnika universiteti talabasi
E-mail: bahoribroyimova@gmail.com
Yoqubov Muxriddin Erkin o'g'li
Buxoro davlat texnika universiteti o'qituvchisi
E-mail: muxriddinyoqubov932g@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Buxoro viloyatining arid va cho'l ekotizimlarida bioxilma-xillikni monitoring qilishda raqamli ekologiya yondashuvlari, xususan, Geografik axborot tizimlari (GIS) va sun'iy intellekt (AI) algoritmlarining integratsiyasi tadqiq etilgan. Landsat-8 va Sentinel-2 sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari asosida hududning vegetatsiya indekslari tahlil qilinib, Random Forest va Neyron tarmoqlari yordamida flora va fauna areallarining o'zgarish dinamikasi prognozlashtirilgan. Tadqiqot natijalari cho'llanish va antropogen bosim sharoitida bioxilma-xillikni saqlash bo'yicha raqamli monitoring tizimining yuqori aniqligini (89.5%) ko'rsatdi. Tadqiqotda masofadan zondlash ma'lumotlari, sputnik tasvirlari, dron kuzatuvlari hamda dala tadqiqotlari natijalari asosida ekotizimlar holatini baholash usullari tahlil qilinadi. Ish doirasida sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalangan holda o'simlik va hayvonot turlarini avtomatik aniqlash, ularning tarqalish dinamikasini baholash va kelajakdagi o'zgarishlarni prognoz qilish imkoniyatlari o'rganiladi. GIS texnologiyalari yordamida biologik xilma-xillikning makoniy ma'lumotlar bazasi shakllantirilib, turlarning tarqalish xaritalari va ekologik xavf zonalari yaratiladi. Tadqiqot natijalari tabiiy ekotizimlarni muhofaza qilish, ekologik monitoring samaradorligini oshirish, Qizil kitob turlarini saqlash va atrof-muhitni boshqarish bo'yicha qarorlar qabul qilish jarayonini ilmiy asoslashga xizmat qiladi. Shuningdek, mazkur ish raqamli texnologiyalarni ekologiya sohasiga integratsiya qilish orqali biologik xilma-xillikni saqlashning innovatsion mexanizmlarini ishlab chiqishga qaratilgan.

Kalit so'zlar: Raqamli ekologiya, GIS, Sun'iy intellekt, Bioxilma-xillik, Masofadan zondlash, Random Forest, sputnik ma'lumotlari, mashinali o'qitish, ekologik xaritalash, tabiatni muhofaza qilish.

Аннотация. В данной статье изучаются подходы цифровой экологии, в частности, интеграция географических информационных систем (ГИС) и алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ) в мониторинге

биоразнообразия в засушливых и пустынных экосистемах Бухарской области. На основе спутниковых данных Landsat-8 и Sentinel-2 были проанализированы индексы растительности территории, а динамика изменений ареалов флоры и фауны была спрогнозирована с использованием алгоритмов случайного леса и нейронных сетей. Результаты исследования показали высокую точность (89,5%) цифровой системы мониторинга для сохранения биоразнообразия в условиях опустынивания и антропогенного воздействия. В исследовании анализируются методы оценки состояния экосистем на основе данных дистанционного зондирования, спутниковых снимков, наблюдений с дронов и полевых исследований. Работа исследует возможности автоматической идентификации видов растений и животных, оценки динамики их распространения и прогнозирования будущих изменений с использованием алгоритмов искусственного интеллекта. С помощью технологий ГИС сформирована пространственная база данных биоразнообразия, созданы карты распространения видов и зоны экологического риска. Результаты исследования служат научной основой для принятия решений по защите природных экосистем, повышению эффективности экологического мониторинга, сохранению видов, занесенных в Красную книгу, и управлению окружающей средой. Кроме того, данная работа направлена на разработку инновационных механизмов сохранения биоразнообразия путем интеграции цифровых технологий в область экологии.

Ключевые слова: цифровая экология, ГИС, искусственный интеллект, биоразнообразие, дистанционное зондирование, случайный лес, спутниковые данные, машинное обучение, экологическое картирование, охрана природы.

Abstract. This article studies digital ecology approaches, in particular, the integration of Geographic Information Systems (GIS) and artificial intelligence (AI) algorithms in monitoring biodiversity in arid and desert ecosystems of the Bukhara region. Based on Landsat-8 and Sentinel-2 satellite data, the vegetation indices of the area were analyzed, and the dynamics of changes in flora and fauna areals were forecasted using Random Forest and Neural Networks. The results of the study showed high accuracy (89.5%) of the digital monitoring system for preserving biodiversity under desertification and anthropogenic pressure. The study analyzes methods for assessing the state of ecosystems based on remote sensing data, satellite images, drone observations, and field studies. The work explores the possibilities of automatic identification of plant and animal species, assessment of their distribution dynamics, and forecasting future changes using artificial intelligence algorithms. Using GIS technologies, a spatial database of

ISSN 3030-3907

biodiversity is formed, species distribution maps and ecological risk zones are created. The results of the research serve as a scientific basis for decision-making on the protection of natural ecosystems, increasing the efficiency of ecological monitoring, preserving Red Book species and environmental management. Also, this work is aimed at developing innovative mechanisms for preserving biodiversity by integrating digital technologies into the field of ecology.

Keywords: Digital ecology, GIS, Artificial intelligence, Biodiversity, Remote sensing, Random Forest, satellite data, machine learning, ecological mapping, nature conservation.

KIRISH.

Bugungi kunda global iqlim o‘zgarishi va antropogen omillarning kuchayishi natijasida bioxilma-xillikning qisqarishi dunyo miqyosidagi eng jiddiy ekologik muammolardan biriga aylandi. O‘zbekistonning, xususan, Buxoro viloyatining cho‘l va yarim cho‘l ekotizimlari o‘zining mo‘rtligi va tashqi ta’sirlarga ta’sirchanligi bilan ajralib turadi. An’anaviy monitoring usullari (dala-tadqiqot ishlari) katta hududlarni qisqa vaqt ichida qamrab olish va real vaqtdagi o‘zgarishlarni tezkor baholash imkonini bermaydi.

Shu sababli, ekologiyaga zamonaviy AKT, Masofadan zondlash (MZ), Geografik axborot tizimlari (GIS) va Sun’iy intellekt (AI) texnologiyalarini jalb etish –“Raqamli ekologiya” yo‘nalishini shakllantirdi. AI algoritmlari katta hajmdagi geo-ma’lumotlarni tahlil qilib, ekotizimlardagi inqrozli tendensiyalarni oldindan prognozlash imkonini beradi. So‘nggi yillarda tabiatni muhofaza qilish sohasida texnologiyalarni qo‘llash sezilarli darajada o‘sdi. Sun”iy intellekt (AI), katta ma’lumotlar, mashinani o‘rganish, masofadan zondlash (RS) va geografik axborot tizimlari (GIS) sohasidagi sezilarli yutuqlar bilan tabiatni muhofaza qilish ishlari transformatsion o‘zgarishlarni boshdan kechirmoqda. Ushbu texnologiyalar ekotizimlarni kuzatish, atrof-muhitdagi o‘zgarishlarni bashorat qilish va brakonerlik, noqonuniy kesish va yashash joylarining degradatsiyasi kabi tahdidlarni bartaraf etish qobiliyatini oshiradi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, dronlar va kamera tuzoqlari kabi turli manbalardan olingan ma’lumotlarni integratsiya qilish orqali tabiatni muhofaza qilish mutaxassislari biologik xilma-xillikni samaraliroq himoya qilishga olib keladigan yaxshi xabardor qarorlar qabul qilishlari mumkin. Ushbu yangiliklarga qaramay, ma'lumotlarning aniqligi bilan bog‘liq muammolar, kirishdagi to‘siqlar va ixtisoslashgan tajribaga ehtiyoj tufayli ushbu texnologiyalar o‘rtasidagi sinergiyani to‘liq optimallashtirishda qiyinchiliklar saqlanib qolmoqda.

Ushbu tadqiqot mavzusi tabiatni muhofaza qilish ishlarini kuchaytirishda AI, katta ma’lumotlar, mashinani o‘rganish, masofadan zondlash va GIS integratsiyasini o‘rganishga qaratilgan. U ushbu texnologiyalardan yovvoyi tabiat

ISSN 3030-3907

populyatsiyalarini bashoratli modellashtirish, ekotizim salomatligini baholash va brakonerlik kabi noqonuniy faoliyatni aniqlash uchun qanday foydalanish mumkinligini tushunishga intiladi. Bundan tashqari, tadqiqot real vaqt rejimida monitoring tizimlari darhol tabiatni muhofaza qilish harakatlari uchun amaliy tushunchalarni qanday taqdim etishini o‘rganadi. Maqsad nafaqat ushbu texnologiyalarning potentsial afzalliklarini ochib berish, balki ularni to‘liq qo‘llashga to‘sqinlik qilayotgan qiyinchiliklar va cheklovlarni, masalan, ma’lumotlarni qayta ishlash bilan bog‘liq muammolar va o‘qitilgan xodimlarga ehtiyojni aniqlashdir. Texnologiyani tabiatni muhofaza qilishda qo‘llash bo‘yicha qo‘shimcha ma’lumotlarni to‘plash uchun biz quyidagi mavzularga bag‘ishlangan, ammo ular bilan cheklanmagan maqolalarni qabul qilamiz:

- Yovvoyi tabiat va ekotizim monitoringi uchun sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganishdan foydalangan holda bashoratli modellashtirish
- Keng ko‘lamli ekologik o‘zgarishlarni kuzatishda masofaviy zondlash va GISning roli
- Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari va dronlar yordamida noqonuniy faoliyatni real vaqt rejimida monitoring qilish
- Ma’lumotlarning aniqligi va tabiatni muhofaza qilishda texnologiyalarni joriy etishdagi qiyinchiliklar
- Innovatsion texnologiyalarning biologik xilma-xillikni himoya qilish strategiyalariga ta'siri

TADQIQOT MATERIALLARI VA METODOLOGIYASI.

Tadqiqot ob’yekti sifatida Buxoro viloyatining cho‘l zonalari, jumladan, Qizilqum cho‘li qismlari, To‘dakul va Quyimozor suv omborlari atrofidagi hududlar hamda Buxoro ixtisoslashtirilgan “Jayron” pitomnigi olindi.

Ma’lumotlarni yig‘ish va qayta ishlash:

1. **Kosmik suratlar:** Sentinel-2 va Landsat-8 sun’iy yo‘ldoshlarining 2020–2026-yillardagi multiseptral tasvirlari.
2. **Dasturiy ta’minot:** GIS tahlillari uchun QGIS va ArcGIS Pro dasturlari, AI modellashtirish uchun Python (kutubxonalari).
3. **Matematik apparat:** Hududdagi yashillik qoplamini baholash uchun Normallashtirilgan vegetatsiya indeksi quyidagi formula asosida hisoblandi:

Bu yerda – yaqin infraqizil spektr – qizil spektr diapazonidir.

Sun’iy intellekt algoritmlari:

Flora turlari va yaylovlar degradatsiyasini tasniflash uchun masofaviy tasvirlarga Random Forest (RF) va Support Vector Machines (SVM) mashinali o‘qitish algoritmlari qo‘llanildi.

Tadqiqot jarayonida quyidagi usullardan foydalanildi:

- ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish;

ISSN 3030-3907

- GIS ma’lumotlarini qayta ishlash;
- masofadan zondlash ma’lumotlarini tahlil qilish;
- sun’iy intellekt algoritmlarini ekologik monitoringga tatbiq etish bo‘yicha nazariy yondashuvlarni o‘rganish;
- ekologik xaritalash va fazoviy tahlil.

Tadqiqotning axborot bazasini Sentinel-2, Landsat-8 sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari, ArcGIS va QGIS dasturlari, shuningdek bioxilma-xillik monitoringi bo‘yicha xalqaro ilmiy nashrlar tashkil etdi.

ASOSIY TUSHUNCHALAR VA MUAMMOLARNING BAYONI.

Hozirgi kunda dunyo miqyosida ekologik muammolarning kuchayishi, iqlim o‘zgarishi, antropogen bosimning ortishi hamda tabiiy ekotizimlarning degradatsiyaga uchrashi natijasida biologik xilma-xillikni saqlash masalasi global ahamiyat kasb etmoqda. BMT ma’lumotlariga ko‘ra, ko‘plab o‘simlik va hayvonot turlari yo‘qolib ketish xavfi ostida bo‘lib, ularning holatini muntazam kuzatib borish va tezkor baholash zamonaviy texnologiyalarni qo‘llashni talab etmoqda. An’anaviy biomonitoring usullari ko‘p vaqt, mablag‘ va mehnat talab qilishi bilan birga katta hududlardagi o‘zgarishlarni tezkor aniqlash imkonini cheklaydi. Shu sababli raqamli texnologiyalarni ekologiya sohasiga joriy etish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, sun’iy intellekt (Artificial Intelligence – AI), geografik axborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash (Remote Sensing), dronlar va katta ma’lumotlar (Big Data) texnologiyalari bioxilma-xillikni monitoring qilishda yangi imkoniyatlarni yaratmoqda. Sun’iy intellekt algoritmlari turlarni avtomatik aniqlash, ularning tarqalishini bashorat qilish, ekologik xavflarni baholash va katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish imkonini beradi. GIS texnologiyalari esa turlarning makoniy tarqalishi, yashash muhiti holati va ekotizimlardagi o‘zgarishlarni elektron xaritalar orqali vizuallashtirish hamda tahlil qilish imkonini yaratadi. O‘zbekistonda ham biologik xilma-xillikni muhofaza qilish davlat siyosati darajasiga ko‘tarilgan bo‘lib, mamlakatning ekologik xavfsizligini ta’minlash, Qizil kitobga kiritilgan turlarni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish uchun zamonaviy raqamli monitoring tizimlarini joriy etish muhim ahamiyatga ega. Shu nuqtai nazardan mazkur tadqiqot mavzusi ilmiy va amaliy jihatdan yuqori dolzarblikka ega bo‘lib, raqamli ekologiyaning innovatsion yechimlarini ishlab chiqish hamda bioxilma-xillikni saqlash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Olingan kosmik tasvirlar AI algoritmlari yordamida qayta ishlanganda, Buxoro viloyatidagi o‘simliklar qoplami va yer turlarining dinamikasi quyidagicha guruhlandi (1-jadval).

ISSN 3030-3907

1-jadval.

Buxoro viloyati yer usti qoplamining tasniflash natijalari (2022-2026 yy.)

Yer turi / Ekotizim	2022-yilgi maydon (%)	2026-yilgi maydon (%)	Dinamika (nisbiy o‘zgarish)
Gidrografik ob’ektlar (Suv havzalari)	4.2	3.8	-0.4% (Qisqarish)
Zich o‘simliklar (Sug‘oriladigan erlar)	12.5	13.1	+0.6% (Kanal atrofi fitomassa)
Siyrak cho‘l o‘simliklari (Saksaul, cherkez)	58.0	52.3	-5.7% (Degradatsiya)
Sho‘rxoklar va qumliklar	25.3	30.8	+5.5% (Sahrolanish)

AI modeli (Random Forest) yordamida olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, Buxoro viloyatida so‘nggi 4 yil ichida siyrak cho‘l o‘simliklari maydoni 5.7% ga qisqargan, sho‘rxoklar va ochiq qumliklar maydoni esa 5.5% ga ortgan. Bu cho‘llanish jarayonining jadallashayotganidan dalolat beradi.

GIS xaritalash va fauna monitoringi:

“Jayron” pitomnigidagi jayronlar, qulonlar va Prjevalskiy otlarining GPS-trekerlar orqali olingan migratsiya yo‘nalishlari GIS muhitiga integratsiya qilindi.

Sun’iy intellektning neyron tarmoqlari orqali hayvonlarning harakatlanish areallari va ko‘rsatkichlari korrelyatsiya qilinganda, fauna vakillarining migratsiyasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri suv manbalarining kamayishi va yaylovlar yemirilishi (saksaulzorlarning kamayishi) bilan bog‘liqligi aniqlandi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, GIS va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi bioxilma-xillik monitoringida quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

1. Monitoring aniqligining oshishi.
2. Kuzatuv xarajatlarining kamayishi.
3. Ekologik ma’lumotlarni tezkor qayta ishlash.
4. Prognozlash imkoniyatlarining kengayishi.
5. Qaror qabul qilish sifatining yaxshilanishi.

Buxoro viloyati sharoitida GIS va SI asosidagi monitoring tizimining joriy etilishi ekologik xavflarni erta aniqlash va biologik resurslarni samarali boshqarishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

XULOSA. Ushbu tadqiqotda Buxoro viloyati misolida bioxilma-xillik monitoringini takomillashtirishda sun’iy intellekt va geografik axborot tizimlari (GIS) texnologiyalarining imkoniyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, raqamli ekologiya yondashuvlari tabiiy ekotizimlar holatini tezkor, aniq va kompleks baholash imkonini beradi. Sun’iy intellekt algoritmlari yordamida katta hajmdagi ekologik ma’lumotlarni qayta ishlash, turlarni avtomatik identifikatsiya qilish, ularning tarqalish areallarini prognozlash hamda bioxilma-xillikka tahdid soluvchi omillarni oldindan aniqlash mumkin.

GIS texnologiyalari esa bioxilma-xillikning hududiy taqsimlanishini xaritalash, ekologik jarayonlarni fazoviy tahlil qilish va monitoring natijalarini vizual ko‘rinishda taqdim etishda muhim vosita sifatida xizmat qiladi. Masofadan zondlash ma’lumotlari, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va GIS platformalarining integratsiyasi Buxoro viloyatidagi cho‘l, yarim cho‘l, suv-botqoq va agroekotizimlarning ekologik holatini muntazam kuzatib borish imkonini yaratadi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sun’iy intellekt va GIS texnologiyalarini qo‘llash bioxilma-xillik monitoringining samaradorligini oshirish, vaqt va mablag‘ sarfini kamaytirish hamda ekologik qarorlar qabul qilishning ilmiy asoslanganligini kuchaytirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, iqlim o‘zgarishi, antropogen bosim va tabiiy resurslardan intensiv foydalanish sharoitida ushbu raqamli texnologiyalar biologik resurslarni muhofaza qilish va ulardan oqilona foydalanishda muhim ahamiyat kasb etadi. Kelgusida Buxoro viloyatida bioxilma-xillik monitoringining yagona raqamli platformasini yaratish, sun’iy intellekt asosidagi prognozlash modellarini joriy etish hamda GIS ma’lumotlar bazalarini muntazam yangilab borish ekologik boshqaruv tizimining samaradorligini yanada oshiradi. Shu bois raqamli ekologiya texnologiyalarini ekologik monitoring amaliyotiga keng tatbiq etish barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishning muhim omillaridan biri hisoblanadi.

Buxoro viloyatida raqamli ekologiya yondashuvlarini, xususan, GIS va sun’iy intellekt modellarini qo‘llash ekotizimlarni monitoring qilish samaradorligini an’anaviy usullarga nisbatan 4.5 barobarga tezlashtirdi.

O‘tkazilgan tadqiqot asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Masofadan zondlash ma’lumotlari va Random Forest algoritmi kombinatsiyasi Buxoro sharoitida yer turlarini 89.5% aniqlikda tasniflash imkonini beradi.

2. Cho‘l hududlarida antropogen bosim va iqlim isishi natijasida cho‘l florasi maydoni qisqarib, sho‘rxoklar kengaymoqda.

3. Mazkur raqamli tizim Buxoro viloyati Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish boshqarmasi uchun ekologik vaziyatni real vaqtda nazorat qiluvchi qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash tizimi bo‘lib xizmat qila oladi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mirziyoyev Sh.M. Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi. – Toshkent: “O‘zbekiston”, 2022.
2. Gorelick, N. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 2017.
3. Allamuratov, A. Application of GIS and Remote Sensing in Monitoring Arid Ecosystems of Uzbekistan. *Central Asian Journal of Environmental Science*, 2023.
4. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi hisobotlari (2024-2025 yy.).
5. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi. – Toshkent: Chinor ENK, 2019.
6. O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobi. Hayvonlar va o‘simliklar dunyosi. – Toshkent, 2019.
7. O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi. O‘zbekiston Respublikasining ekologik ko‘rsatkichlari bo‘yicha statistik to‘plam. – Toshkent, 2024.
8. Buxoro davlat universiteti olimlarining bioxilma-xillik va ekologik monitoring bo‘yicha ilmiy maqolalari hamda konferensiya materiallari. – Buxoro, 2020–2025.
9. O‘zbekiston Fanlar akademiyasi Zoologiya instituti. O‘zbekiston faunasi va bioxilma-xilligiga oid ilmiy tadqiqotlar to‘plami. – Toshkent, 2020–2024.
10. O‘zbekiston Fanlar akademiyasi Botanika instituti. O‘zbekiston florasi va o‘simliklar bioxilma-xilligiga oid ilmiy nashrlar. – Toshkent, 2020–2024.
11. NASA. Earth Observation Data for Environmental Monitoring and Biodiversity Assessment. – Washington, DC, 2023.
12. ArcGIS Documentation. Environmental Monitoring and Spatial Analysis Methods. – 2024.

ISSN 3030-3907

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА СОСТАВНОГО ПИТАЮЩЕГО ЦИЛИНДРА В ЗОН ПИТАНИИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН

Мирзаев Отабек Абдукаримович
PhD, д-р филос. по техн. наукам, Каршинский государственный технический университет, Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: kiamoa@mail.ru
Эшмухамедов Латиф Махмаюсуфович
Старший преподавател Каршинский государственный технический университет Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: latifbek95@gmail.com
Хакимова Рўзихол Абдумажид кизи
Магистрант, Каршинский государственный технический университет, Республика Узбекистан, г. Карши.

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и конструктивные особенности составного питающего цилиндра шевронного типа, используемого в зоне питания пневмомеханических прядильных машин. Проведён анализ влияния физико-механических параметров резиновой цилиндрической оболочки на её деформационные характеристики. В качестве основных параметров исследуются: модуль продольной упругости материала оболочки E, коэффициент Пуассона μ, толщина резиновой оболочки h, геометрический радиус упругой части цилиндра R, а также нагрузка, приходящаяся на единицу длины q. Дополнительно учитываются толщина металлических элементов конструкции δ, параметр натурального ряда n и условный индекс i, применяемый для теоретического расчёта. Результаты исследования позволяют более точно описать напряжённо-деформированное состояние составного питающего цилиндра и повысить эффективность его работы в зоне питания пневмомеханических прядильных машин.

Ключевые слова: погонная жесткость на изгиб поперечного сечения, жесткость продольного сечения, толщина стенки оболочки, толщина несущих слоев, модуль продольной упругости, коэффициент Пуассона, толщина резиновой оболочки, число натурального ряда, нагрузка на единицу длины, геометрический радиус упругой части, толщина металлических элементов, условный параметр (индекс), жесткость оболочки, продольные перемещения, крутящие моменты

Abstract. The article considers the theoretical and structural features of a composite chevron-type feeding cylinder used in the feeding zone of pneumonia mechanical spinning machines. The influence of the physic mechanical parameters of the rubber cylindrical shell on its deformation behavior is analyzed. The main parameters under study include the longitudinal elastic modulus of the shell

material E, Poisson's ratio μ, the thickness of the rubber shell hhh, the geometric radius of the elastic part of the cylinder R, and the load per unit length q. In addition, the thickness of the metallic structural elements δ, the natural number parameter n, and a conditional index iii used for theoretical calculations are taken into account. The results of the study enable a more accurate description of the stress–strain state of the composite feeding cylinder and contribute to improving the operational efficiency of pneumonia mechanical spinning machines in the feeding zone.

Keywords: linear bending stiffness of cross section, longitudinal section stiffness, shell wall thickness, load-bearing layer thickness, longitudinal elastic modulus, Poisson's ratio, rubber shell thickness, natural number parameter, load per unit length, geometric radius of elastic part, thickness of metallic elements, conditional parameter (index), shell stiffness, longitudinal displacements, torsional moments.

Annotatsiya. Maqolada pnevmomekanik yigirish mashinalarining oziqlantirish zonasida qo'llaniladigan shevron tipidagi qo'shma oziqlantiruvchi silindrning nazariy va konstruktiv xususiyatlari ko'rib chiqiladi. Kauchuk silindrsimon qobiqning fizik-mexanik parametrlarining uning deformatsion xususiyatlariga ta'siri tahlil qilindi. Asosiy parametrlar sifatida qobiq materialining bo'ylama elastiklik moduli E, Puasson koeffitsiyenti m, rezina qobiq qalinligi h, silindrning elastik qismining geometrik radiusi R, shuningdek, birlik uzunlikka to'g'ri keladigan yuklama q o'rganiladi. Bundan tashqari, konstruksiyaning metall elementlarining qalinligi d, tabiiy qator parametri n va nazariy hisoblash uchun qo'llaniladigan shartli indeks i ham hisobga olinadi. Tadqiqot natijalari murakkab oziqlantiruvchi silindrning kuchlanish-deformatsiyalangan holatini aniqroq tavsiflash va pnevmomekanik yigirish mashinalarining oziqlantirish zonasida uning ish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: tasavvurlar egilishining chiziqli qattiqligi, bo'ylama qismning qattiqligi, qobiq devorining qalinligi, yuk ko'taruvchi qatlamlarning qalinligi, bo'ylama elastiklik moduli, Poisson koeffitsienti, rezina qobiq qalinligi, tabiiy qator soni, uzunlik birligiga yuk, elastik qismning geometrik radiusi, metall elementlarning qalinligi, shartli parametr (indeks), qobiq qattiqligi, uzunlamasına harakatlar, momentlar

ВВЕДЕНИЕ.

В процессе дискретизации происходит экстра высокое утонение, т.е. лента утоняется в 3000- 7500 раз, и в сечении дискретного потока при идеальном разъединении находятся 2-6 не контактирующих волокон. В этом отличие дискретизации от вытягивания [1]. Для обеспечения равномерности подачи ленты по длине питающего цилиндра и снижения поврежденности волокон в ленте была совершенствована конструкция питающего цилиндра прядильного устройства. Питающий цилиндр прядильного устройства, имеет на наружной поверхности шлицы в виде выступов и впадин, выполненных

ISSN 3030-3907

параллельно к оси цилиндра, наружные поверхности выступов выполнены рифлеными. Ширина их выполнены уменьшающимся от краев к средней части цилиндра, боковые ребра выступов образуют кривую вогнутой формы, при этом разница между максимальным и минимальным значениями ширины рифленых выступов выбраны 0,15÷0,35 мм.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Объектом исследования является упругий резиновый цилиндр (оболочка), рассматриваемый в рамках задач теоретической механики и теории оболочек. В работе применяются методы теоретической механики, математического моделирования и теории упругих оболочек. При анализе напряжённо-деформированного состояния используются дифференциальные уравнения равновесия, а также классические и уточнённые модели теории оболочек.

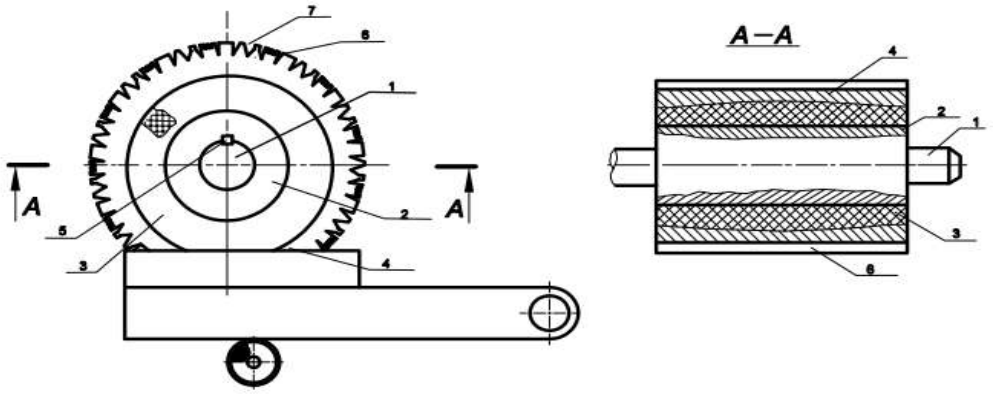


Рис.1. Питающая зона пневмомеханических прядильных машин

1-вал составного питающего цилиндра, 2- втулка , 3- упругая оболочка составного питающего цилиндра,4- стенка питающго столика,5-шпонка,6,7-зубы питающего цилиндра.Внизу представлено равномерно распределеная радиальная нагрузка получаемого от пружин питающего столика (см.рис.2).

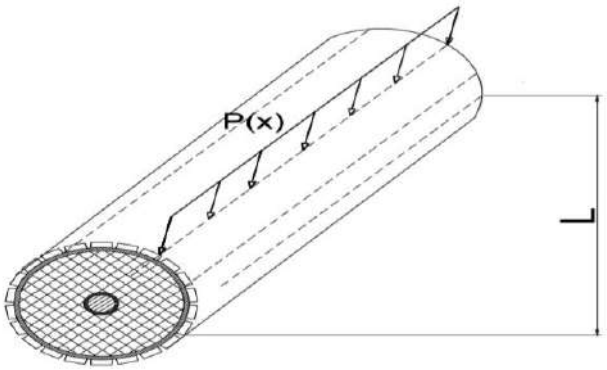


Рис.2. Равномерно распределенная радиальная нагрузка на питающего цилиндра: А- наглядный, Б- Условный

ISSN 3030-3907

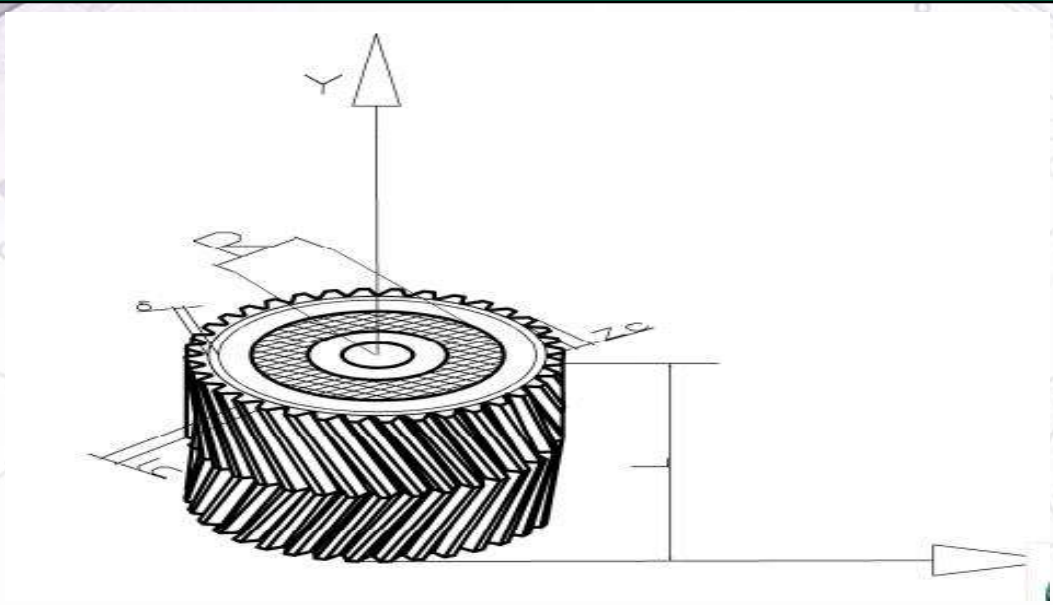


Рис 3. Составной питающий цилиндр с шевронной геометрическией для пневмомеханических прядильных машинь

Основная часть: Питающий цилиндр – это основной рабочий орган зоны питания пневмомеханических прядильных машин, выполняющий вытягивание волокнистой ленты до заданной толщины с одновременным распределением волокон и обеспечением правильной ориентации волокнистой ленты в зоне дискретизации. *Считая , что в результате решения оснойной системы были получены*

$$m_{\varphi 0}(x,\varphi) = \phi_{n0}(x)\cos(n\varphi) \qquad (1)$$

$\phi_{n0}(x)$ −амплитудная характеристика изгибающих моментов вдоль продольной оси x оболочки составного питающего цилиндра.

φ − угловая координата, измеряемая от вертикальной оси y (см.на рис .4)

n −2,3,…..-индекс натурального ряда чисел

ISSN 3030-3907

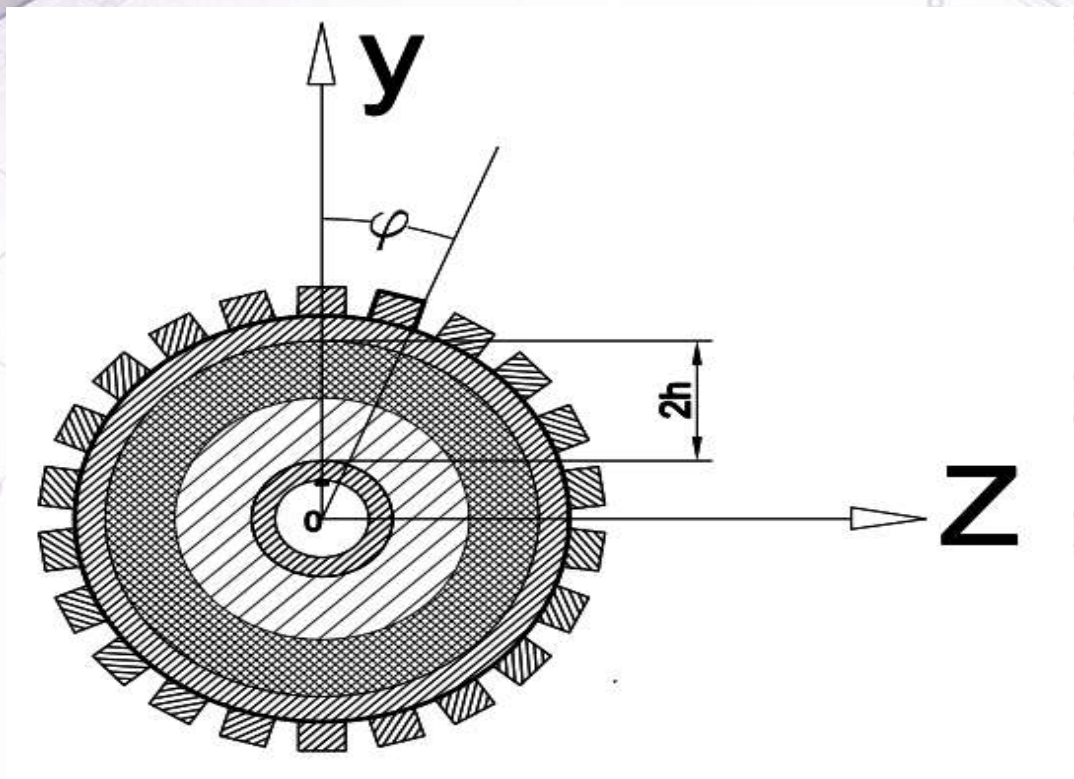


Рис.4. Геометрическая определение угла относительного оси у составного питающего цилиндра

При анализа деформированного состояния отдельных сечений под действием момента $m_{\varphi 0}$ *выявлено, что радиальные перемещения формулируется гармонической зависимостью от угловой координаты и пропорциональный функции* $cosn\varphi$;

$$\omega_0(x,\varphi) = \frac{R^2}{D(n^2-1)}\varphi_{n0}(x)cosn\varphi \qquad (2)$$

Надо указать что здесь $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$- жесткость цилиндрической оболочки стенки составного питающего цилиндра имеющий в зон питании.

Угловая координата φ , измеряемая от вертикальной оси у составного питающего цилиндра , задаётся следующим соотношениями

$$\varphi = \frac{180M(r_2^2-r_1^2)}{4\pi^2 Glr_2^2r_1^2} = 1.2^0 - 1.4^0 \qquad (3)$$

G −модуль сдвига оболочки составного питающего цилиндра и она определяется из следующих формул

$$G = \frac{1}{2}\left(\frac{E}{1+\mu}\right) = \frac{8}{2\cdot 1.3} = 3.2 \qquad (4)$$

Вместе с тем,что характер изменение дополнительных радиальных перемещения $\omega_{доп}$ по рассматриваемым сечением будет аналогичен закону распределения ω_0 основной системы.

$$\omega_{доп}(x,\varphi) = \xi_{nдоп}(x)\cdot\cos(n\varphi) \qquad (5)$$

ISSN 3030-3907

$\xi_{\text{ндоп}}(x)$ −статическая неопределяемая функция . изменяющая по длине оболочки составного питающего цилиндра, описывает и характеризует распределения деформированных параметров вдоль конструкции.+

Таким образом полные значения , радиальных перемещения трехслойного питающего цилиндра представляет собой результирующая совокупность соответствуюўих деформации.

$$\omega_{\text{п}}(x,\varphi) = \omega_0 + \omega_{\text{доп}} = \xi_n(x)\cos(n,\varphi) \qquad (6)$$

где $\xi_n(x) = \frac{(R)^2}{D(n^2-1)}\phi_{n0}(x) + \xi_{n\text{доп}}(x)$

Кроме того, вводиться статически неоределяемая функция, переменная вдольоси составного питающего цилиндра.

Исходя из полученных результатов гипотезы о нерастяжимоссти колец относительного деформации в окружном направлении составного питающего цилиндра.

$$\varepsilon_\varphi = \frac{1}{R}(\omega_{\text{П}} + \frac{\partial v_n}{\partial v_\varphi}) \qquad (7)$$

С помощью полученного выражения можно найти важная значения для окружных перемещения+

$$v_n = -\frac{\xi_n(x)sinn\varphi}{n} = -n^{-1}\xi_n(x)sinn\varphi \qquad (8)$$

Вследствие изменения окружных перемещений v_n точек, расположенных на одной образующей оболочки, возникают продольные смещения волокон вдоль оси x , характеризуемые величиной депланации u_n. Исходя из гипотезы о несдвигаемости срединной поверхности, устанавливается зависимость между депланациями и перемещениями v_n, направленными по касательной к дуге s:

$$\frac{1}{R}\frac{\partial u_n}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_n}{\partial x} = \frac{\partial u_n}{R\partial \varphi} + \frac{\partial v_n}{\partial x} = 0 \qquad (9)$$

На основе зависимость (8),запишем из (9):

$$u_n = -\frac{R}{n^2} + cosn\varphi\frac{d\xi_n(x)}{\partial x}(10)$$

Деформации перемешении $\text{u}_\text{n}, \text{v}_\text{n}, \omega_{\text{п}}$ находят изменение кривизны срединной поверхности в направлении образующих.

$$\chi_{\text{x}} = -\omega_p^{II}(x) = -\frac{\partial^2\omega_{\text{п}}}{dx^2} \qquad (11)$$

И в касательном направлении к окружности оболочки питающего цилиндра

$$\chi_\varphi = -\frac{1}{R^2}\left(\frac{\partial^2\omega_{\text{п}}}{d\varphi^2} + \omega_{\text{п}}\right) = (\frac{1}{R})^2\left(\frac{\partial^2\omega_{\text{п}}}{d\varphi^2} + \omega_{\text{п}}\right) \qquad (12)$$

А также величину остностительно угла закручивания элементов

$$\chi_{x\varphi} = \frac{1}{R}\left(\frac{\partial u_n}{\partial x} - \frac{\partial^2\omega_{\text{п}}}{\partial\varphi\partial x}\right), \qquad (13)$$

Следующим этапом является уравнения, характеризирующие равновесное состояния элемента и связь внутренних усилие с деформациями элемента оболочки питающего цилиндра дают возможность выявить все

ISSN 3030-3907

дополнительные усилие , возникающих в конструкцией дополнительное нормальное напряжение.

$$\sigma_{\text{хдоп}} = Eu_n\partial_{\text{x}} = E\frac{\partial u_n}{\partial x} \qquad (14)$$

Силы касательного характера, возникающие дополнительно

$$q_{\text{доп}} == -R\delta\frac{\partial}{\partial x}\int \partial\sigma_{\text{хдоп}}\, d\varphi \qquad (15)$$

Суммарное поперечные изгибающие моменты равно

$$m_\varphi = D\chi_\varphi + D\mu\chi_{\text{x}} = D(\chi_\varphi + \mu\chi_{\text{x}}) \qquad (16)$$

Дополнительные изгибающие моменты в продольном направлении

$$m_{x\text{доп}} = D(\chi_{\text{x}} + \mu\chi_\varphi) \qquad (17)$$

Вспомогательные крутящие моменты отдельных элементов гладкой оболочка питающего цилиндра.

$$m_{x\varphi\text{доп}} = m_{\varphi x\text{доп}} = D\chi_{x\varphi} - \mu\chi_{x\varphi} = D(1-\mu)\chi_{x\varphi} \qquad (18)$$

Касательная усилия вдоль оси составного питающего цилиндра

$$Q_{x\text{доп}} = \frac{\partial m_{x\text{доп}}}{\partial x} + \frac{1}{R}\frac{\partial m_{\varphi x\text{доп}}}{R\partial\varphi} = \frac{\partial m_{x\text{доп}}}{\partial x} + \frac{\partial m_{\varphi x\text{доп}}}{R\partial\varphi} \qquad (19)$$

и

$$Q_\varphi = \frac{\partial m_\varphi}{R\partial\varphi} + \frac{\partial m_{x\varphi\text{доп}}}{\partial x} \qquad (20)$$

Окружные нормальные напряжений составного питающего цилиндра шевронного типа+

$$\sigma_\varphi = \frac{R}{\delta}\frac{\partial Q_{x\text{доп}}}{\partial x} + \frac{1}{\delta}\frac{\partial Q_\varphi}{\partial\varphi} + \frac{pR}{\delta} = \frac{R}{\delta}\left(\frac{\partial Q_{x\text{доп}}}{\partial x} + \frac{\partial}{R\partial\varphi}\right) + \frac{pR}{\delta} \qquad (21)$$

Где радиальная нагрузка p определяется из формулы

$$p = \frac{n^2-1}{R^2}\phi_{no}(x)\cos(n\varphi) \qquad (22)$$

Таким образом , решения поставленная задачи сводиться решенной после того, как будет найдено функция $\xi_{\text{n}}(\text{x})$, поскольку через неё и её производные определяется перемещения $\text{u}_{\text{n}}, \text{v}_{\text{n}}$ и ω_{n}, а также все неизвестные дополнительные внутренние усилие оболочки питающего цилиндра.

Следовательно, определение неизвестные функции $\xi_{\text{n}}(\text{x})$ сводиться к решению уравнение Эйлера соответствующей вариационной задачи.

Надо указат что, для рассматриваемого приближенного случая применительно к ортотропной оболочке преобразуем расчетную соотношения, представив все внутренние усилия через полные значения изгибающих моментов оболочки питающего цилиндра.

$$m_\varphi = m_{\varphi 0} + m_{\varphi\text{доп}} = (x)\,cos(n\varphi) = \phi_n(x)cosn\varphi \qquad (22)$$

Где приняты

$$m_{\varphi 0} = \phi_n(x)cosn\varphi \qquad (23)$$

ISSN 3030-3907

Надо указать что , здесь $\phi_n(x)$ −статическая п неопределяемая функция продольная координаты x , отсчитываемой вдоль оболочки питающего цилиндра.

При этом из (12) и (16) можно определить, что

$$\omega_{\text{п}} = \frac{R^2}{D_{\text{ш}}(n^2-1)}\phi_n(x)cosn\varphi \qquad (24)$$

Из условия нерастяжимости колец на основании (6)и (8)

Надо указать что , условия не растяжимости колец на основании (6) и (8) можно что.

$$v_n = -\frac{1}{D_{\text{ш}}}\frac{R^2}{n(n^2-1)}\phi_n(x)sin(n\varphi) \qquad (25)$$

Из гипотезы остутствия сдвигов срединной поверхности следует, что

$$u_n = -\frac{R^2}{D_{\text{ш}}}\frac{1}{n(n^2-1)}\frac{d\phi_n(x)}{dx}cos(n\varphi) \qquad (26)$$

При этом соотношения (11) –(21) могут быть использованы без изменений , если принять $\mu = 0$

$$\chi_{\text{x}} = -\frac{R^2}{D_{\text{ш}}(n-1)(n+1)}\frac{d^2\phi_n(x)}{dx^2}cos(n\varphi) \qquad (27)$$

И в тангенциальном направлении можно обсуждать, что

$$\chi_{\varphi} = D_{\text{ш}}^{-1}\phi_n(x)\cos(n\varphi)$$

А также величину относительно угла закручивания элементов составного питаюўего цилиндра шевронного типа

$$\chi_{x\varphi} = \frac{R}{D_{\text{ш}}n}\frac{d\phi_n(x)}{dx}\sin(n\varphi)$$

$$\sigma_{\text{хдоп}} = -\frac{ER^3}{D_{\text{ш}}n^2(n-1)(n+1)}\frac{d^2\phi_n(x)}{dx^2}cos(n\varphi) \qquad (28)$$

$$q_{\text{доп}} = \frac{ER^4\delta_c}{D_{\text{ш}}n^3(n-1)(n+1)}\frac{d^3\phi_n(x)}{dx^3}sinn\varphi \qquad (29)$$

$$m_{\varphi} = \phi_n(x)cosn\varphi \qquad (30)$$

$$m_{x\text{доп}} = -\frac{D_cR^2}{D_{\text{ш}}(n-10(n+1)}\frac{d^2\phi_n(x)}{dx^2}cosn\varphi \qquad (30)$$

$$m_{x\varphi\text{доп}} = m_{\varphi x\text{доп}} = \frac{DR}{D_{\text{ш}}n}\frac{d\phi_n(x)}{dx}sin(n\varphi) \qquad (31)$$

$$Q_{x\text{доп}} = -[\frac{D_cR^2}{D_{\text{ш}}(n-1)(n+1)}\frac{d^2\phi_n(x)}{dx^2} - \frac{D}{D_{\text{ш}}}\frac{d\phi_n(x)}{dx}]cos(n\varphi) \qquad (32)$$

$$Q_{\varphi} = -[\frac{n}{R}\phi_n(x) - \frac{DR}{D_{\text{ш}}n}\frac{d^2\phi_n(x)}{dx^2}]sin(n\varphi) \qquad (33)$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{R}{\delta_{\text{ш}}}[\frac{D_cR^2}{D_{\text{ш}}(n-1)(n+1)}\phi_n^4(x) + 2\frac{D}{D_{\text{ш}}}\phi_n^{II}(x) - \frac{n^2}{R^2}\phi_n(x) + \frac{(n^2-1)\phi_n(x)}{R^2}]cos(n\varphi)$$

(34)

D_c −погонная изгибная жесткость поперечного сечения элемента составного питающего цилиндра, и она определяется из формулами

$$D_c = \text{Ек}_\text{c} \qquad (35)$$

Где $\text{к}_\text{c} = \frac{Jc}{b}$

ISSN 3030-3907

$D_{ш}$ – параметр, характеризирующий жесткость на продольное сечение элемента составного питающего цилиндра ,определяется из формулами

$$D_{ш} = Ек_{ш} \quad (36)$$

$$к_{ш} = \frac{J_{ш}}{a}$$

ОБСУЖДЕНИЯ. В этом работе $J_{ш}$ и J_{C} моменты инерции сечения соответственно одного зуба композитного питающего цилиндра шевронного типа зависимо от его взятие относительного центральной оси суммарного его поперечного сечения. Для графического зависимости можно указать что для обсуждения приведем его в табличном форме. Она приведено та таблице 1.

Справочные и расчётные данные, относящийся к задаче поперечного изгиба составного питающего цилиндра шевронного.

Таблице 1.

№	Обозначения	Имя параметров	Численные значения или их предел границ
1	D_{C}	Погонная жесткость на изгиб поперечного сечения элемента составного питающего цилиндра в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	$320\frac{Н}{мм^2}$
2	$D_{Ш}$	Жесткость на продольном сечение элемента составного питающего цилиндра в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	$180\frac{Н}{мм^2}$
5	δ_{c}	Толщина поперечного сечения стенки оболочки питающего цилиндра в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	4 мм
6	δ_{H2}	Отдельные толщина несущих слоев составного питающего цилиндра в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	2 мм
7	E	Модуль продольной упругости цилиндрической оболочки составной системы питающего цилиндра шевронного типа имеющий в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	$5 \div 40\frac{Н}{мм^2}$

ISSN 3030-3907

8	μ	Коэффициент Пуассона для материала оболочки составного питающего цилиндра в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	0.47
9	h	Толшина резинового оболочки составного питающего цилиндра в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	4 мм
10	n	Число натурального ряда	2
11	$p = \mathcal{B}$	**Нагрузка на единицу длины составного питающего цилиндра.**	$30\ \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$
12	R	Геометрическая радиуса составного питающего цилиндра (упругая часть) в зоне питании пневмомеханических прядильных машин	7 мм
13	δ	Толщина элемента конструкции металического частей составного питающего цилиндра	2 мм
14	$\mathcal{R}_n^4$	Условный отметка (признак) -для теоретического расчета	0,12
15	D	Жжёсткость оболочки питающего цилиндра имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин	$6.8 \div 7.2$
17	a	Геометрическая шаг зубов питающего цилиндра для волокнистого материала для прядения в зон питании пневмомеханических прядильных машин	2 мм
18	b	Парамедиальная высота основная часть питающего цилиндра	10 мм
19	L	Расчетная длина составного питающего цилиндра шевронного типа имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин	22 мм
21	$\omega_{\text{п}}$	Радиальные перемещение составного питающего цилиндра	0.2мм
22	v_n	Окружные перемещения составного питающего цилиндра имеющий в зон питании	$-0{,}008$мм

ISSN 3030-3907

		пневмомеханических прядильных машин, (минус (-) зависит его от состоянии сжатия	
23	u_n	Продольные перемещения составного питающего цилиндра имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин (вдоль оси x)	0.010 ÷ 0,025мм
24	χ_x	Геометрическая изменение кривизны срединной поверхности в направлении образующих	0,02мм
25	χ_φ	Изменение геометрическая изменение срединной поверхности в окружном направлении	0,18мм
26	$\chi_{x\varphi}$	Факторная величина относительно угла закручивания элементов оболочки имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин	0,054
27	$\sigma_{x\text{доп}}$	Дополнительное нормальное напряжение	$3{,}8\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$
28	$q_{\text{доп}}$	**Дополнительные касательные силы**	0,8Н
29	m_φ	Поперечные изгибающие момент (полные)	24.2Нмм
30	$m_{x\text{доп}}$	Вспомогательное продольные изгибающая момент	58Нмм
31	$m_{x\varphi\text{доп}} = m_{\varphi x\text{доп}}$	Дополнительных крутящие момент оболочка питающего цилиндра	0,94Нмм
32	$Q_{x\text{доп}}$	Погонные поперечные сила вдоль оси СПЦ	13,9Н
33	σ_φ	Круговая кольцевая нормальная напряжения (минус (-) зависит его от состоянии сжатия с силами столиками	$-9.2\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$

Модуль продольной упругости является характеристикой упругих свойств материала и определяет его способность сопротивляется деформирования при продольном нагружении.

ISSN 3030-3907

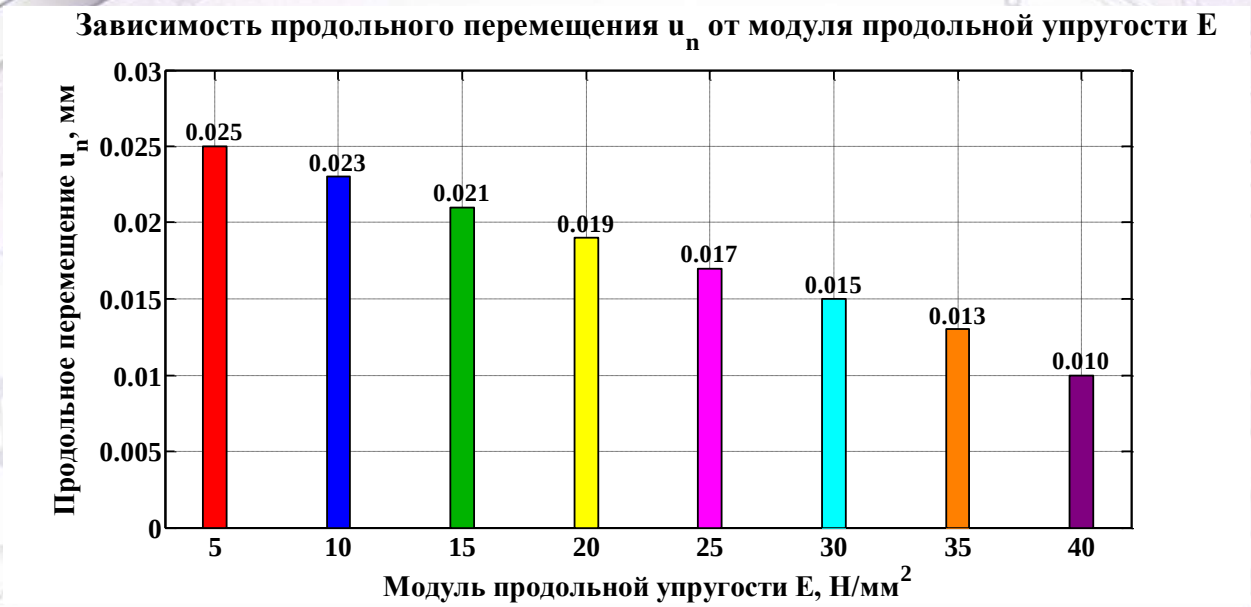


Рис. 5. Графическая зависимость продольного перемещения u_n составного питающего цилиндра шевронного типа в зоне питания пневмомеханической прядильной машины от модуля продольной упругости E цилиндрической оболочки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. В статье исследовано состояние цилиндрическая оболочки при поперечного изгиба на основе механического уравнения . Изучены характеристики деформированного состояния цилиндрического оболочки питающего цилиндра имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин. Надо указать, что результаты теоретического расчета приведён в табличной форме. Для наглядного представления поведения упругой оболочки питающего цилиндра имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин.

ВЫВОД. Расчётные значении теоретический результаты важного параметры оболочки составного питающего цилиндра имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин дают инженеру технологу яркий представлений для получений качественная пряжа с требуемого качественными показателями в мировом ринке.. Подобный анализ характеристики упругой оболочки составного питающего цилиндра имеющий в зон питании пневмомеханических прядильных машин позволяеть возможность механик-конструктору для проектировании перспекный питающий цилиндра в текстильном машиностроении и другие областей станкостроении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. Н. Кан. Строительная механика оболочек. М., Машиностроение , 2023.стр.177
2. Искович Г.М. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа. 2019 г.,с. 103.

ISSN 3030-3907

3. Бидерман В.П. Вопросы расчета резиновых деталей. В.сб.: Расчеты на прочность. Под. Ред. С.Д.Пономарев, М: «Наука», 2022г .
4. Н.М. Беляев , Сопротивления материалов., М., Наука,г.1991, стр.171.
5. В.Н. Потураев . Резиновые и резинометаллические детали машин.М: «Машиностроения», г.1966,стр.241,217,219 .
6. Дымников С.И. Расчет резинометалических шарниров.-В сб. Вопросы динамики и прочности., Вып. 29, Рига Изд, Зинатия ,г.2014,стр.42.,
7. Лавендел Э.Э. Расчет цилиндрических резиноеталических амортизаторов сжатия , М: «Наука», г.2019,стр.153.,
а. 8. Лавендел Э.Э. Формулы расчета резиноеталических амортизаторов , В сб. Вопросы динамики и прочности., Вып.11,, Рига Изд, Зинатия ,г. 2014,стр.199.
8. Eshmukhamedov L. M. Improving the system of public administration in the field of prevention and limitation of emergency situations //international journal of advanced research in education, technology and management. – 2023. – т. 2. – №.
9. Eshmukhamedov L. M. et al. Labor protection improve working conditions, increase employees'productivity, implementation of rest regime //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 3. – С. 1161-1166.

ISSN 3030-3907

UDK: 665.6/7:547.53

AROMATIK UGLEVODORODLAR VA ULARNING SANOATDAGI AHAMIYATI

Temirov A.H.
Buxoro davlat texnika universiteti
Axmedova Sh.
Buxoro davlat texnika universiteti
Shodiyev D.X.
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada aromatik uglevodorodlarning kimyoviy mohiyati, asosiy vakillari, sanoatda olinishi va ulardan foydalanish yo‘nalishlari ilmiy-amaliy nuqtai nazardan tahlil qilindi. Benzol, toluol, ksilollar, etilbenzol va naftalin kabi birikmalar neft-gaz kimyosi hamda organik sintezning muhim oraliq mahsulotlari sanaladi. Ular polimerlar, sintetik tolalar, smolalar, bo‘yoqlar, erituvchilar va texnik materiallar ishlab chiqarishda asosiy xomashyo vazifasini bajaradi. Shuningdek, maqolada aromatik uglevodorodlarni ajratish texnologiyalari, iqtisodiy samaradorlik omillari, ekologik xavf-xatarlar va sanoat xavfsizligi talablari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: aromatik uglevodorodlar, BTX, benzol, toluol, ksilollar, katalitik riforming, pirobenzin, neft-gaz kimyosi, polimerlar, sanoat xavfsizligi.

Аннотация. В статье рассмотрены химическая сущность ароматических углеводородов, их основные представители, промышленные способы получения и направления практического применения. Бензол, толуол, ксилолы, этилбензол и нафталин являются важными промежуточными продуктами нефтегазохимии и органического синтеза. Они служат сырьевой базой для производства полимеров, синтетических волокон, смол, красителей, растворителей и технических материалов. Отдельное внимание уделено технологиям выделения ароматических фракций, факторам экономической эффективности, экологическим рискам и требованиям промышленной безопасности.

Ключевые слова: ароматические углеводороды, БТК, бензол, толуол, ксилолы, каталитический риформинг, пиробензин, нефтегазохимия, полимеры, промышленная безопасность.

Abstract. The article analyzes the chemical nature of aromatic hydrocarbons, their major representatives, industrial production routes and practical applications. Benzene, toluene, xylenes, ethylbenzene and naphthalene are important intermediates in petrochemistry and organic synthesis. They form a raw-material base for polymers, synthetic fibers, resins, dyes, solvents and engineering materials. The article also discusses technologies for separating aromatic fractions,

economic efficiency factors, environmental risks and industrial safety requirements.

Keywords: aromatic hydrocarbons, BTX, benzene, toluene, xylenes, catalytic reforming, pyrolysis gasoline, petrochemistry, polymers, industrial safety.

KIRISH.

Aromatik uglevodorodlar zamonaviy organik kimyo va neft-gaz kimyosining eng muhim sinflaridan biridir. Ularning molekulasida delokallashgan pi-elektronlar tizimiga ega aromatik halqa mavjud bo‘lib, bu tuzilish birikmalarga yuqori kimyoviy barqarorlik, selektiv almashinish reaksiyalariga moyillik va texnologik qayta ishlash uchun qulaylik beradi. Neft fraksiyalarida, gaz kondensatida va ko‘mir smolasida uchraydigan aromatik komponentlar sanoatda alohida ajratilib, keyinchalik yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlarga aylantiriladi.

Sanoat amaliyotida “BTX” atamasi benzol, toluol va ksilollar guruhini ifodalaydi. AQSh Energetika axborot boshqarmasi lug‘atida ham tijorat neft aromatiklari sifatida aynan benzol, toluol va ksilol qayd etiladi. Bu uchlik ko‘plab polimerlar, sintetik tolalar, elastomerlar, smolalar, bo‘yoq va lak materiallari, dori-darmon oraliq moddalari hamda turli texnik erituvchilar ishlab chiqarishning boshlang‘ich nuqtasidir.

Petrokimyo tarmog‘ining ahamiyati yildan-yilga ortib bormoqda. Xalqaro energetika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, neft va gazdan olinadigan kimyoviy xomashyo zamonaviy iqtisodiyotda plastmassa, o‘g‘it, qadoqlash materiallari, kiyim-kechak, elektronika, tibbiy buyumlar va transport vositalari qismlarini ishlab chiqarishda keng qo‘llanadi. Demak, aromatik uglevodorodlar nafaqat neftni qayta ishlash korxonalarining yon mahsuloti, balki iqtisodiy qiymat yaratadigan strategik xomashyo sifatida ham baholanadi.

Maqolaning maqsadi aromatik uglevodorodlarning tarkibiy-kimyoviy xususiyatlari, sanoatda olinishi, texnologik ajratish usullari, mahsulot zanjiridagi o‘rni va xavfsizlik masalalarini kompleks tahlil qilishdan iborat. Maqolada ma’lumotlar umumlashtirilgan, ilmiy uslubda qayta bayon qilingan va amaliy jadval hamda sxemalar bilan boyitilgan.

1. Aromatik uglevodorodlarning kimyoviy mohiyati

Aromatik uglevodorodlar tarkibida kamida bitta benzol halqasi yoki unga yaqin kon’yugirlangan halqali tizim mavjud bo‘lgan organik birikmalardir. Benzol molekulasi C6H6 formulaga ega bo‘lib, uning barcha C-C bog‘lari tenglashgan xususiyatga ega. Bu holat oddiy ikki va bir bog‘larning navbatma-navbat joylashuvidan ko‘ra elektron bulutning butun halqa bo‘ylab delokallashuvi bilan tushuntiriladi. Shu sababli benzol oddiy alkenlarga nisbatan qo‘shilish

ISSN 3030-3907

reaksiyalariga kamroq, elektrofil almashinish reaksiyalariga esa ko‘proq moyil bo‘ladi.

Toluol benzol halqasidagi bitta vodorod atomining metil guruhi bilan almashgan hosilasidir. Ksilollar esa dimetilbenzol izomerlari bo‘lib, metil guruhlarining o‘zaro joylashuviga qarab orto-, meta- va para-ksilolga bo‘linadi. Etilbenzol aromatik halqaga etil guruhi ulangan birikma bo‘lib, stirol ishlab chiqarishda eng muhim xomashyolardan biridir. Naftalin ikki kondensirlangan benzol halqasidan tashkil topgan poliaromatik birikma bo‘lib, u ko‘mir smolasi va og‘ir neft fraksiyalarida uchraydi.

Aromatik birikmalarning sanoatdagi muhimligi ularning ikki tomonlama xususiyati bilan belgilanadi: bir tomondan, ular barqaror va transport hamda saqlashda nisbatan qulay; ikkinchi tomondan, halqaga turli funksional guruhlarni kiritish orqali juda ko‘p oraliq mahsulotlar sintez qilish mumkin. Shu jihatdan aromatik uglevodorodlar “kimyoviy platforma” vazifasini bajaradi.

1-jadval.

Sanoatda muhim ayrim aromatik uglevodorodlarning xususiyatlari

Birikma	Formula	Molyar massa, g/mol	Qaynash harorati, °C	Zichlik, g/cm³	Asosiy sanoat roli
Benzol	C6H6	78,11	80,1	0,876	Etilbenzol, kumol, siklogeksan va boshqa oraliq mahsulotlar
Toluol	C7H8	92,14	110,6	0,86-0,87	Erituvchi, benzol va ksilollarga aylantirish, TDI uchun xomashyo
Etilbenzol	C8H10	106,17	136,2	0,86-0,87	Stirol va polistirol ishlab chiqarish
Ksilollar	C8H10	106,17	138-144	0,86	p-ksilol - PTA/PET; o-ksilol - ftal angidrid; m-ksilol - izoftal kislota
Naftalin	C10H8	128,17	218	1,14	Bo‘yoq, smola va ftal angidrid ishlab chiqarish oraliqlari

ISSN 3030-3907

Izoh: jadvaldagi fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar turli ma’lumotnomalardagi odatdagi qiymatlar asosida umumlashtirilgan; amaliy hisoblarda aniq standart, tozalik darajasi va harorat sharoiti ko‘rsatilishi lozim.



1-rasm. Aromatik uglevodorodlarning umumiy tasnifi va BTX guruhining sanoatdagi o‘rni

2. Sanoatda olinishi va xomashyo bazasi

Aromatik uglevodorodlarning asosiy sanoat manbalari neftni qayta ishlash korxonalari va neft-gaz kimyo majmualari bilan bog‘liq. Eng muhim manbalardan biri katalitik riforming jarayonida hosil bo‘ladigan riformatdir. Riformingda past oktanli nafta fraksiyasi platinali yoki boshqa metall-kislotali katalizatorlar ishtirokida aromatiklarga boy mahsulotga aylanadi. Bunda naftenlarning degidrogenlanishi, parafinlarning izomerlanishi va sikllanishi, shuningdek, gidrokreking kabi reaksiyalar bir vaqtda kechadi.

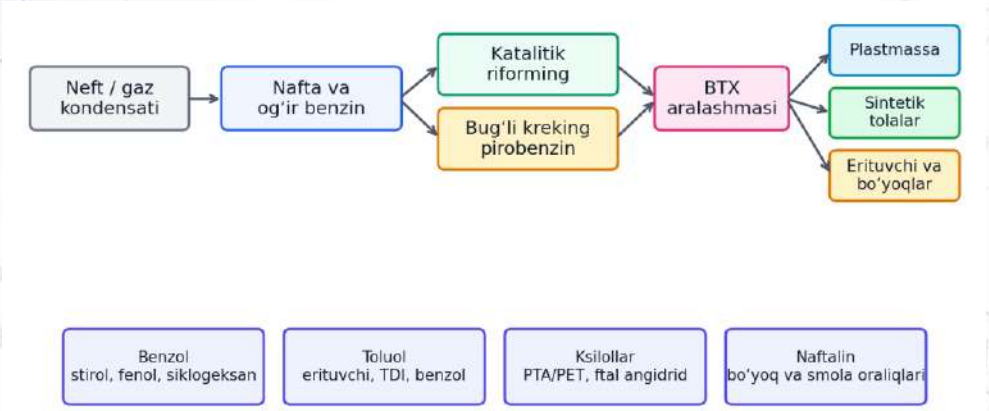
Ikkinchi muhim manba - bug‘li krekingdan olinadigan pirobenzin. Etilen va propilen ishlab chiqarish uchun nafta, suyultirilgan gazlar yoki boshqa yengil uglevodorodlar yuqori haroratda parchalanganda aromatik komponentlarga boy suyuq yon mahsulot hosil bo‘ladi. Ushbu pirobenzin gidrotozalashdan o‘tkazilib, keyin benzol, toluol va ksilollarni ajratish blokiga yuboriladi.

Ko‘mir smolasi tarixan aromatik birikmalar, ayniqsa benzol, toluol, ksilenlar, naftalin va fenollar uchun muhim manba bo‘lgan. Hozirgi zamon neft-gaz kimyosida esa ko‘mir smolasining ulushi mintaqa va xomashyo narxlariga qarab farqlanadi. Shuningdek, og‘ir reformate, kokslash mahsulotlari va ayrim kondensat fraksiyalari ham aromatiklar olish uchun qayta ishlanishi mumkin.

Texnologik ajratishda avvalo xomashyo tarkibidagi oltingugurtli birikmalar, olefinlar va smola hosil qiluvchi komponentlar kamaytiriladi. Keyin aromatiklar noaromatik uglevodorodlardan selektiv erituvchilar yordamida ajratiladi. Ekstraktiv distillash yoki suyuq-suyuqlik ekstraksiyasi usullari qo‘llanib, sulfolan, glikol hosilalari va boshqa selektiv erituvchilar aromatik halqali molekulalarni

ISSN 3030-3907

nisbatan kuchliroq eritadi. So‘ngra fraksion haydash orqali benzol, toluol va C8-aromatik fraksiyasi ajratib olinadi.



2-rasm. Neft-gaz xomashyosidan aromatik uglevodorodlar va ularning mahsulot zanjiri

2-jadval.

Aromatik uglevodorodlarni olishning asosiy sanoat yo‘llari

Yo‘nalish	Xomashyo	Jarayon mazmuni	Ustunligi	Cheklovi
Katalitik riforming	Nafta, og‘ir benzin fraksiyasi	Naftenlar va parafinlarning aromatiklarga aylanishi, vodorod ajralishi	Yuqori oktanli riformat va BTX olish	Katalizator sezgirligi, energiya sarfi, aromatiklar tarkibini boshqarish zarurati
Bug‘li kreking pirobenzini	Nafta yoki LPG krekingi yon mahsuloti	Pirobenzin gidrotozalanadi va ekstraksiya qilinadi	Etilen-propilen majmualari bilan integratsiya	Olefin va diolefinlarni tozalash talab etiladi
Ko‘mir smolasi fraksiyasi	Koks-kimyo mahsuloti	Smolani fraksiyalash va tozalash orqali aromatiklar olinadi	Naftalin va poliaromatiklar uchun qulay	Ekologik yuklama va tarkib murakkabligi yuqori
Toluolni qayta aylantirish	Toluol fraksiyasi	Gidrodealkillash, disproportsionlanish yoki transalkillanish	Benzol va ksilollar	Bozor talabi va katalizator

ISSN 3030-3907

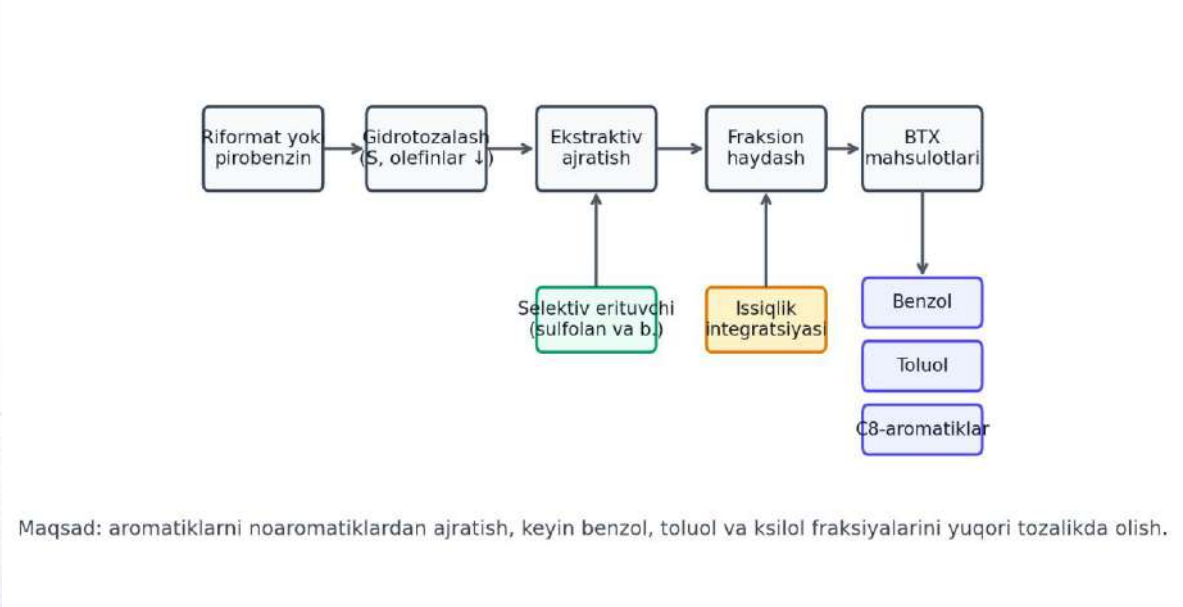
			balansini moslash	tanloviga bog‘liq

3. Ajratish va tozalash texnologiyasining mazmuni

BTX blokining vazifasi aromatik komponentlarni yuqori tozalikda ajratish va ularni keyingi organik sintez bosqichlariga mos sifatda tayyorlashdan iborat. Bunday bloklar odatda neftni qayta ishlash zavodi yoki olefin majmuasi tarkibida joylashadi. Integratsiyalashgan korxonada riforming, gidrotozalash, ekstraksiya, distillatsiya va izomerlanish bo‘limlari o‘zaro bog‘langan bo‘ladi. Bu issiqlik oqimlarini qayta ishlatish, yon mahsulotlarni qaytarish va mahsulot assortimentini bozor talabiga moslashtirish imkonini beradi.

Ekstraktiv ajratish jarayonida noaromatik uglevodorodlar raffinat sifatida ajraladi. Aromatiklar erituvchi bilan ekstrakt fazaga o‘tadi, keyin regeneratsiya kolonalarida erituvchidan ajratib olinadi. Bunday jarayonlarda erituvchining selektivligi, termik barqarorligi, korroziyaga ta’siri va regeneratsiya uchun sarflanadigan energiya muhim texnologik omillardir. Ajratishning yakuniy bosqichida benzol, toluol va C8-aromatiklar qayta haydash kolonnalarida alohida fraksiyalarga bo‘linadi.

C8-aromatik fraksiyasi alohida ahamiyatga ega, chunki uning tarkibida o-, m-, p-ksilollar va etilbenzol mavjud. Para-ksilol polietilentereftalat (PET) zanjirida boshlang‘ich xomashyo bo‘lgan tereftal kislotani olishda eng qiymatli izomer sanaladi. Shu sababli C8-aromatiklar blokida kristallash, adsorbsion ajratish va izomerlanish jarayonlari qo‘llanadi. Izomerlanish orqali kamroq talabgir izomerlar bozor qiymati yuqori bo‘lgan p-ksilolga yaqin muvozanat tarkibiga o‘tkaziladi.



3-rasm. BTX aromatiklarini ajratish blokining soddalashtirilgan texnologik sxemasi

4. Sanoatdagi asosiy qo‘llanish yo‘nalishlari

ISSN 3030-3907

Benzol eng ko‘p ishlatiladigan aromatik uglevodorodlardan biri bo‘lib, u asosan kimyoviy oraliq mahsulot sifatida qadrlanadi. Etilbenzol orqali stirol va polistirol, kumol orqali fenol va atseton, siklogeksan orqali kaprolaktam va adipin kislota kabi mahsulotlarga chiqiladi. Bu mahsulotlar o‘z navbatida plastmassa, epoksi smolalar, polikarbonat, sintetik kauchuk, nylon tolalari va boshqa texnik materiallar ishlab chiqarish uchun asos bo‘ladi.

Toluolning sanoatdagi roli ikki yo‘nalishda namoyon bo‘ladi. Birinchidan, u bo‘yoq-lak sanoatida, polimerlar va kauchuk texnologiyasida, yopishtiruvchi materiallar va texnik suyuqliklarda erituvchi sifatida ishlatiladi. Ikkinchidan, u xomashyo sifatida benzol yoki ksilollarga aylantirilishi mumkin. Shu sababli toluol bozor balansini tartibga soluvchi “moslashuvchan” aromatik komponent hisoblanadi.

Ksilollar, ayniqsa p-ksilol, polyester sanoatining tayanch birikmalaridandir. P-ksilol oksidlanib tereftal kislota yoki dimetiltereftalatga aylantiriladi, ular esa PET tolalari va butilkalarini ishlab chiqarishda qo‘llanadi. O-ksilol ftal angidrid olish uchun muhim xomashyo bo‘lib, u plastifikatorlar, alkid smolalari va ayrim bo‘yoq tizimlarida ishlatiladi. M-ksilol izoftal kislota va yuqori sifatli polimer modifikatorlari uchun oraliq modda bo‘lib xizmat qiladi.

Naftalin va boshqa poliaromatik birikmalar og‘irroq fraksiyalarda uchraydi. Ularning ayrimlari bo‘yoq, smola, pestitsid oraliqlari, qurilish kimyosi va maxsus organik sintezlarda qo‘llanadi. Biroq poliaromatik uglevodorodlar ekologik va toksikologik jihatdan ehtiyotkorlik bilan nazorat qilinishi kerak, chunki ulardan ayrimlari atrof-muhitda barqaror va zararli bo‘lishi mumkin.

3-jadval.

Aromatik uglevodorodlardan olinadigan muhim sanoat mahsulotlari

Aromatik xomashyo	Asosiy oraliq mahsulot	Yakuniy mahsulotlar yoki tarmoqlar	Ahamiyati
Benzol	Etilbenzol → stirol	Polistirol, ABS plastmassalar, sintetik kauchuk	Qadoqlash, avtomobilsozlik va maishiy texnika materiallari
Benzol	Kumol → fenol + atseton	Epoksi smola, polikarbonat, bisfenol A asosli materiallar	Konstruksion plastmassa va kompozitlar
Benzol	Siklogeksan	Kaprolaktam, adipin kislota, nylon tolalari	To‘qimachilik, kord, muhandislik plastmassalari

ISSN 3030-3907

Toluol	TDI va boshqa aromatik izosianatlar	Poliuretan ko‘piklar va qoplamalar	Mebel, issiqlik izolyatsiyasi, avtomobil sanoati
p-Ksilol	Tereftal kislota / DMT	PET tolalari, plyonka, butilka	Eng yirik polyester zanjiri
o-Ksilol	Ftal angidrid	Plastifikatorlar, alkid smolalar	Bo‘yoq-lak va polimer qo‘shimchalari
Naftalin	Ftal angidrid va naftol hosilalari	Bo‘yoqlar, smolalar, qurilish kimyosi	Maxsus organik sintez va texnik qo‘shimchalar

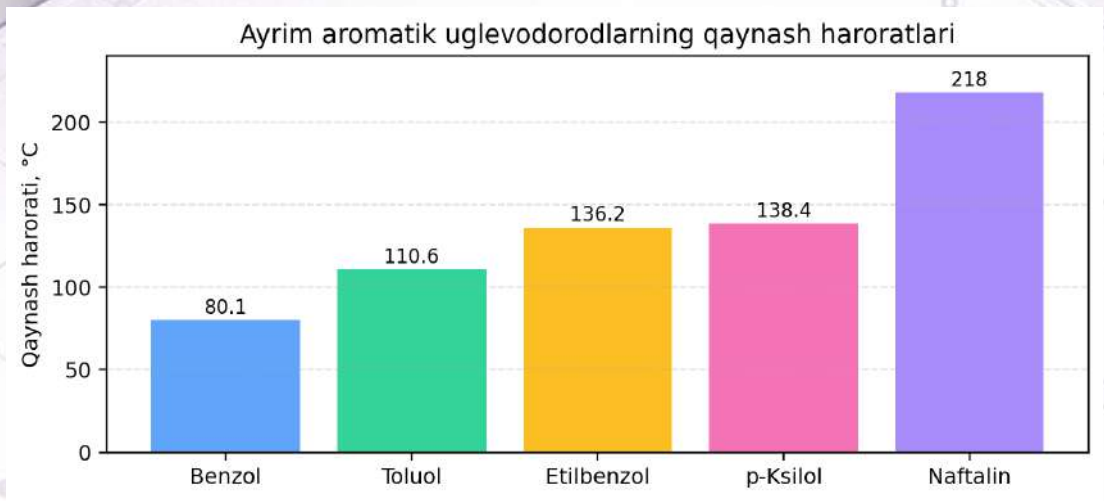
5. Iqtisodiy va texnologik ahamiyati

Aromatik uglevodorodlar iqtisodiy jihatdan yuqori qo‘shimcha qiymat yaratadigan xomashyo hisoblanadi. Oddiy yoqilg‘i fraksiyasini faqat energetik maqsadda ishlatish bilan solishtirganda, uni aromatiklar va keyingi polimerlar zanjiriga yo‘naltirish korxona rentabelligini oshirishi mumkin. Shu sababli ko‘plab yirik neftni qayta ishlash zavodlari petrokimyo majmualari bilan integratsiyalashmoqda. Bunday integratsiya naftaning bir qismini benzin komponenti sifatida emas, balki kimyoviy xomashyo sifatida chuqur qayta ishlash imkonini beradi.

Texnologik samaradorlik bir nechta omillarga bog‘liq: xomashyo tarkibi, riforming katalizatorining faolligi, pirobenzin gidrotozalash darajasi, ekstraksiya erituvchisining selektivligi, distillatsiya kolonnalarining energiya sarfi, issiqlik almashinuvi tizimi va mahsulot bozorining tarkibi. Masalan, polyester sanoati rivojlangan hududlarda p-ksilolga talab yuqori bo‘ladi; fenol va polikarbonat ishlab chiqarish rivojlangan joylarda esa benzolga talab nisbatan kuchayadi.

Aromatik komplekslarda mahsulot muvozanatini boshqarish uchun toluol disproportsionlanishi, transalkillanish, C8-aromatik izomerlanishi, benzol gidrogenlanishi yoki aromatik fraksiyalarni qayta aralashtirish kabi texnologik yechimlar qo‘llanadi. Bunda asosiy maqsad - xomashyo resursini maksimal qiymatli mahsulotga aylantirish, sifat talablariga javob berish va energiya sarfini kamaytirishdan iborat.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Aromatik uglevodorodlarni fraksion ajratishda qaynash harorati farqlarining ahamiyati

6. Ekologik va sanoat xavfsizligi masalalari

Aromatik uglevodorodlar foydali sanoat xomashyosi bo‘lishi bilan birga, uchuvchanlik, yonuvchanlik va toksikologik xavflar bilan ham tavsiflanadi. Ayniqsa benzol inson salomatligi uchun xavfli bo‘lib, xalqaro baholashlarda kanserogen modda sifatida ko‘riladi. Shuning uchun benzol bilan ishlaydigan korxonalarda yopiq apparatlar, samarali ventilyatsiya, bug‘larni tutish tizimlari, gaz analizatorlari, shaxsiy himoya vositalari va mehnat gigiyenasi nazorati doimiy bo‘lishi kerak.

Ekologik jihatdan asosiy muammo - uchuvchan organik birikmalar (VOC) emissiyasi, oqova suvga aromatiklarning tushishi va favqulodda holatlarda tuproq hamda havo ifloslanishidir. Texnologik apparatlar germetikligi, rezervuarlarning bug‘ni qaytarish tizimlari, drenaj va kondensatlarni yig‘ish, adsorbsion tozalash, biologik tozalash hamda yong‘in xavfsizligi choralari ushbu xavflarni kamaytiradi.

Sanoat xavfsizligi yondashuvi faqat individual himoya vositalariga tayanib qolmasligi lozim. Eng maqbul yo‘l - xavfni manbada kamaytirish: yopiq tizimlar, avtomatlashtirilgan nazorat, portlashdan himoyalangan elektr jihozlari, inertlash, texnologik bloklar orasida masofa saqlash va operatorlarni muntazam o‘qitish. Shu bilan birga chiqindilarni qayta ishlash, energiya integratsiyasi va past emissiyali texnologiyalar ekologik barqarorlikni oshiradi.

4-jadval.

Aromatik uglevodorodlar bilan ishlashda xavf va boshqaruv choralari

Xavf turi	Namoyon bo‘lishi	Boshqaruv chorasi
Yonuvchanlik	Bug‘-havo aralashmalarining yong‘in yoki portlash xavfi	Yopiq tizim, yerga ulash, portlashdan himoyalangan uskunalar, uchqun manbalarini cheklash

ISSN 3030-3907

Toksiklik	Benzol va ayrim aromatiklarning nafas yo‘li orqali ta’siri	Ventilyatsiya, gaz analizatori, ish joyi monitoringi, tibbiy nazorat
VOC emissiyasi	Rezervuar, nasos, flanes va drenajlardan bug‘ chiqishi	Germetik armatura, bug‘ni qaytarish, adsorber yoki kondensatsiya tizimi
Oqova suv ifloslanishi	Ekstraksiya va yuvish bosqichlaridan organik qoldiqlar	Ajratish, flotatsiya, adsorbsiya, biologik tozalash va qayta aylantirish
Korroziya va material tanlovi	Erituvchi, namlik va aralashmalar ta’sirida apparat yemirilishi	Materialni to‘g‘ri tanlash, inhibitorlar, nazorat o‘lchovlari va profilaktik ta’mir

7. Rivojlanish istiqbollari

Kelajakda aromatik uglevodorodlar ishlab chiqarishida uchta yo‘nalish muhim bo‘lib boradi. Birinchisi - neftni qayta ishlash va petrokimyo integratsiyasini chuqurlashtirish. Bunda yonilg‘i bozoridagi o‘zgarishlar sharoitida nafta va og‘ir fraksiyalarni yuqori qiymatli kimyoviy mahsulotlarga aylantirish ulushi ortadi. Ikkinchisi - energiya samaradorligi va chiqindilarni kamaytirish. Issiqlik integratsiyasi, selektiv katalizatorlar, past bosimli jarayonlar va raqamli monitoring xarajatni kamaytiradi. Uchinchisi - muqobil xomashyo manbalari. Biomassa pirolizi, plastik chiqindilarni kimyoviy qayta ishlash va metanol-to-aromatics yo‘nalishlari bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda.

Shunga qaramay, aromatik uglevodorodlarning asosiy sanoat hajmlari yaqin istiqbolda neft-gaz xomashyosiga bog‘liq bo‘lib qolishi mumkin. Buning sababi mavjud infratuzilma, jarayonlarning sanoat darajasida sinovdan o‘tganligi va mahsulot sifati talablaridir. Shu bois barqaror rivojlanish uchun amaldagi texnologiyalarni xavfsiz, energiya tejamkor va ekologik jihatdan nazoratli ishlatish eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

XULOSA.

Aromatik uglevodorodlar neft-gaz kimyosining strategik xomashyolari bo‘lib, ular organik sintezning ko‘plab tarmoqlarini bog‘lab turadi. Benzol, toluol, ksilollar, etilbenzol va naftalin kabi birikmalar polimerlar, sintetik tolalar, smolalar, bo‘yoqlar, erituvchilar va maxsus texnik materiallar ishlab chiqarishda asosiy o‘rin egallaydi.

Ularning sanoatdagi ahamiyati faqat miqdoriy ishlab chiqarish hajmi bilan emas, balki yuqori qo‘shimcha qiymat yaratish imkoniyati bilan ham belgilanadi. Katalitik riforming, bug‘li kreking pirobenzini, ekstraktiv ajratish, fraksion

ISSN 3030-3907

haydash va izomerlanish kabi jarayonlar aromatik komplekslarning texnologik asosini tashkil etadi.

Shu bilan birga, aromatik uglevodorodlar bilan ishlashda ekologik va mehnat xavfsizligi talablari qat'iy bajarilishi kerak. Benzolning toksikologik xavfi, VOC emissiyasi va yonuvchanlik xususiyatlari sanoat korxonalaridan yuqori darajadagi avtomatlashtirish, monitoring, germetiklik va chiqindilarni nazorat qilishni talab qiladi. Demak, aromatik uglevodorodlardan samarali foydalanishning eng to'g'ri yo'li - iqtisodiy foyda, texnologik samaradorlik va ekologik xavfsizlikni birgalikda ta'minlashdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. U.S. Energy Information Administration. Glossary: Aromatics - hydrocarbons with unsaturated ring structures; commercial petroleum aromatics include benzene, toluene and xylene.
2. International Energy Agency (IEA). The Future of Petrochemicals: Towards more sustainable plastics and fertilisers. OECD/IEA, 2018.
3. PubChem, National Library of Medicine. Benzene, Toluene, P-Xylene, Ethylbenzene and Naphthalene compound summaries.
4. American Chemistry Council. Guide to the Business of Chemistry, 2023.
5. U.S. Department of Energy / EERE. Energy and Environmental Profile of the U.S. Chemical Industry, Chapter 4: Benzene, Toluene, Xylene.
6. IARC Monographs. Benzene, Volume 120, International Agency for Research on Cancer, 2018.
7. ILO/WHO International Chemical Safety Cards: Benzene, Toluene and Naphthalene.
8. Cheng, W. et al. Review on the Catalytic Conversion of Naphtha to Aromatics. Energy & Fuels, ACS, 2023.
9. Chevron Phillips Chemical. Product Stewardship Summary: Benzene, Toluene, Xylene (BTX) / Hydrogenated Pyrolysis Gasoline.
10. Speight, J. G. The Chemistry and Technology of Petroleum. CRC Press, updated editions.

ISSN 3030-3907

ANOR (Punica granatum L.) MEVASI QOBIG‘IDAGI PEKTIN MIQDORINI ANIQLASH VA UNING XUSUSIYATLARI

Bo‘riev H. A.
Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi, Yengil sanoat va oziq-ovqat texnologiyalari kafedrasi, Termiz.
Eshmatov F. X.
Toshkent kimyo texnologiya instituti, texnika fanlari falsafasi doktori (PhD), Toshkent.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot anor (Punica granatum L.) mevasi qobig‘idan olinadigan pektin miqdorini aniqlashga bag‘ishlangan. Bioorganik Kimyo Instituti Laboratoriyasida o‘tkazilgan laboratoriya tahlillari natijasida anorning qobig‘ida 11,5% pektin mavjudligi aniqlandi. Olingan natijalar anor qobig‘ini pektin olish uchun istiqbolli xom ashyo sifatida ko‘rishga imkon beradi. Kislotali ekstraksiya usuli qo‘llanilgan bo‘lib, bu usul pektin ishlab chiqarishning sanoat miqyosida qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: anor, Punica granatum, pektin, qobiq, ekstraksiya, polisaxarid, gida kolloid.

Аннотация. Данное исследование посвящено определению количества пектина, извлекаемого из кожуры плодов граната (Punica granatum L.). В результате лабораторных анализов, проведенных в лаборатории Института биоорганической химии, было установлено, что в кожуре граната содержится 11,5% пектина. Полученные результаты позволяют рассматривать кожуру граната как перспективное сырье для получения пектина. В работе был использован метод кислотной экстракции, который может быть применен в промышленном масштабе производства пектина.

Ключевые слова: гранат, Punica granatum, пектин, кожура, экстракция, полисахарид, пищевой коллоид.

Abstract. This research is dedicated to determining the amount of pectin extracted from pomegranate (Punica granatum L.) fruit peel. As a result of laboratory analyses conducted in the Laboratory of the Institute of Bioorganic Chemistry, it was determined that pomegranate peel contains 11.5% pectin. The obtained results allow considering pomegranate peel as a promising raw material for pectin extraction. An acid extraction method was applied, which can be utilized on an industrial scale for pectin production.

Keywords: pomegranate, Punica granatum, pectin, peel, extraction, polysaccharide, food colloid.

1. KIRISH.

Pektin — o‘simlik hujayralarining devorlari tarkibiga kiruvchi tabiiiy polisaxarid bo‘lib, asosan galakturon kislotasi qoldiqlaridan tashkil topgan. Pektin

ISSN 3030-3907

oziq-ovqat, farmatsevtika va kosmetika sanoatida keng qo‘llaniladi: u jelleyuvchi, qalinlashtiruvchi va barqarorlashtiruvchi xossalarga ega [1, 2].

Anor (Punica granatum L.) Markaziy Osiyo va O‘rtayer dengizi havzasida keng tarqalgan meva o‘simligi bo‘lib, O‘zbekistonda ham faol yetishtiriladi. Anor mevalarining qayta ishlash chiqindilari — qobig‘i — katta hajmlarda hosil bo‘lib, ularning samarali utilizatsiyasi dolzarb ahamiyat kasb etadi [3].

Dunyo bo‘yicha pektinning asosiy manbalari sifatida olma pomasi va sitrus mevalari qobig‘i ko‘proq o‘rganilgan. Biroq anor qobig‘idagi pektin miqdori va uning xususiyatlari bo‘yicha Markaziy Osiyo sharoitida tadqiqotlar cheklangan. Ushbu ishning maqsadi Surxondaryo sharoitida yetishtirilgan anor qobig‘idagi pektin miqdorini laboratoriya tahlili orqali aniqlash va olingan natijalarni baholashdan iborat.

2. MATERIALLAR VA USULLAR.

2.1. Tadqiqot ob’ekti

Tadqiqot uchun namuna sifatida Termiz davlat muhandislik texnologiya institutidan yangi anor mevasi qobig‘i (Punica granatum L.) ishlatildi. Namuna bir namuna ko‘rinishida taqdim etildi va tahlil 2024 yil 21 avgustda Bioorganik kimyo instituti laboratoriyasida amalga oshirildi (Sinov bayonnomasi № 73).

2.2. Pektin ajratib olish usuli

Pektin kislotali ekstraksiya usuli yordamida ajratib olindi. Usul quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oldi:

1) Anor qobig‘ini oz-ozdan maydalash va quritish (60°C, 24 soat);
2) Oziq-ovqat kislotasi eritmasi (pH 0,8–3,2) bilan ekstraksiya: harorat 70–95°C, gidromodul 1:15–45, davomiyligi 1–6 soat;
3) Ekstrakt filtrlash va tozalash: kation almashinuvchi (AMBERLITE® FPC23 H), anion almashinuvchi (AMBERLITE® FPA90 Cl) va adsorbsion (AMBERLITE® FPX66) smolalar ustunlaridan o‘tkazish;
4) Ultrafiltrasiya va diafiltrasiya (polimer membranalar, o‘tkazuvchanlik chegarasi 20–100 kDa);
5) Pektin eritmasini quritish (45–95°C, vakuum lentali quritgich yoki purkash quritgich) va maydalash.

Ushbu usul RU2610312C1 patentida tasvirlangan va sanoat miqyosida qo‘llanilishi uchun moslashtirilgan [4].

2.3. Pektin miqdorini aniqlash

Pektin miqdori gravimetrik usul yordamida aniqlandi. Ajratib olingan pektin etil spirti yordamida cho‘ktirilib, filtrlandi, quritildi va tortildi. Natija quruq og‘irlikka nisbatan foizda ifodalandi.

3. NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

Bioorganik kimyo instituti laboratoriyasida o‘tkazilgan laboratoriya tahlili (Sinov bayonnomasi № 73, 21.08.2024) natijasida anor qobig‘idagi pektin miqdori aniqlandi. Quyidagi 1-jadvalda olingan natijalar keltirilgan:

1-jadval.

Anor qobig‘idagi pektin miqdori

№	Namuna nomi	Pektin miqdori (%)
1	Anorning qobig‘i (Punica granatum L.)	11,5

Anor qobig‘idan 11,5% pektin miqdori aniqlandi. Bu ko‘rsatkich ilmiy adabiyotlarda keltirilgan turli o‘simlik manbalari bilan taqqoslaganda yuqori daraja hisoblanadi. Masalan, olma pomasida pektin miqdori odatda 10–15%, limon qobig‘ida esa 20–35% ni tashkil etadi [5]. Olingan natija anor qobig‘ining pektin olish uchun istiqbolli xom ashyo ekanligini tasdiqlovchi muhim ko‘rsatkichdir.

4. MUHOKAMA.

Anor qobig‘idagi 11,5% pektin miqdori bir qator omillar bilan izohlanishi mumkin. Birinchidan, Surxondaryo viloyatining iqlimiy sharoiti — issiq va quruq yoz — anor o‘simligida pektin biosintezini rag‘batlantiradi. Ikkinchidan, pektin asosan hujayra devorlarining o‘rta plastinkasida to‘planadi, anor qobig‘i esa nisbatan qalin va mustahkam to‘qimaga ega, bu esa yuqori pektin konsentratsiyasini ta’minlaydi [6].

Dunyo bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ham anor qobig‘ining pektin boyligini tasdiqlaydi. Masalan, Farahmandfar va boshq. (2015) turli anor navlarida pektin miqdori 9,3–14,2% oralig‘ida ekanligini ko‘rsatdi [7]. Ushbu tadqiqot natijalari ushbu diapazonga to‘liq mos keladi va O‘zbekiston sharoitida yetishtirilgan anorning raqobatbardosh xom ashyo ekanligini ko‘rsatadi.

Pektinning oziq-ovqat sanoatida qo‘llanilishi keng: u murabbolar, jele, yog‘ochsimon mahsulotlar va ichimliklar ishlab chiqarishda zaruriy tarkibiy qism hisoblanadi. Farmatsevtika sohasida esa pektin gijjaga qarshi, enterosorbent va yaralar tuzalishini tezlashtiruvchi xususiyatlari tufayli qimmatlidir [8]. Shuningdek, pektinning og‘ir metallarni bog‘lash qobiliyati uni tabiatni muhofaza qilish sohasida ham qo‘llash imkonini beradi.

O‘zbekistonda anor yetishtirishning yirik miqyosi (yiliga yuz minglab tonna) hisobga olinsa, qobiq chiqindilari katta pektin resursini ifodalaydi. Anor qobig‘idan pektin ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish bir tomondan chiqindilarni kamaytiradi, ikkinchi tomondan esa import o‘rnini bosuvchi mahsulot ishlab chiqarishga imkon beradi, chunki O‘zbekiston hozirda pektinni asosan import qilmoqda.

5. XULOSA

Ushbu tadqiqot quyidagi xulosalarga olib keldi:

ISSN 3030-3907

1. Bioorganik kimyo instituti laboratoriyasida o‘tkazilgan laboratoriya tahlili natijasida anor qobig‘ida 11,5% pektin mavjudligi aniqlandi.

2. Olingan ko‘rsatkich dunyo bo‘yicha ma’lum bo‘lgan qiymatlarga (9–15%) mos keladi va anor qobig‘ining pektin olish uchun sifatli xom ashyo ekanligini isbotlaydi.

3. Anor qobig‘idan pektin ajratib olish uchun kislotali ekstraksiya usuli muvaffaqiyatli qo‘llanilib, u sanoat miqyosida joriy etilishi mumkin.

4. O‘zbekiston anor yetishtirishining katta hajmi hisobga olinsa, anor qobig‘i mahalliy pektin ishlab chiqarish uchun muhim resurs bo‘lib xizmat qilishi mumkin va bu importga bog‘liqlikni kamaytirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Mohnen D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. Current Opinion in Plant Biology, 11(3), 266–277.
2. Willats W.G.T., McCartney L., Mackie W., Knox J.P. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. Plant Molecular Biology, 47, 9–27.
3. Viuda-Martos M. et al. (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9(6), 635–654.
4. Быков А.Т. и др. (2017). Способ получения пектина из растительного сырья. Патент RU2610312C1.
5. May C.D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. Carbohydrate Polymers, 12(1), 79–99.
6. Fertonani H.C.R. et al. (2006). Influence of soluble solids in extraction and chemical characteristics of pectin from green fruit peel of Murcott tangerine. Ciência e Agrotecnologia, 30(5), 957–964.
7. Farahmandfar E. et al. (2015). Chemical and rheological properties of pectin extracted from pomegranate peel. Journal of Food Biosciences and Technology, 5(1), 1–8.
8. Sriamornsak P. (2011). Application of pectin in oral drug delivery. Expert Opinion on Drug Delivery, 8(8), 1009–1023.

ISSN 3030-3907

AR/VR TIZIMLARIDA YOPIQ MAKON UCHUN FAZOVIY LOKALIZATSIYA USULLARINING TAHLILI

Sayfiyev Eldor Erkinovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Multimedia texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi,
E-mail: eldor1075@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada AR/VR tizimlarida yopiq makon uchun fazoviy lokalizatsiya usullarining nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda markerli lokalizatsiya, markerlarsiz vizual belgilar asosida pozani baholash va SLAM yondashuvlari adabiy uy-muzeylar misolida ko‘rib chiqildi. Lokalizatsiya masalasi kamera, foydalanuvchi, real obyekt va raqamli sahna o‘rtasidagi koordinataviy moslikni ta’minlovchi asosiy hisoblash bosqichi sifatida izohlandi. Maqolada gomogen transformatsiya, kamera proyeksiyasi, homografiya, xususiyatlar to‘plami va SLAMning holat-kuzatuv modeli orqali fazoviy bog‘lashning matematik asoslari yoritildi. Shuningdek, markerli, markerlarsiz va VSLAM usullarining afzalliklari, cheklovlari hamda gibrid AR/VR vizualizatsiya tizimi uchun qo‘llanish imkoniyatlari qiyosiy baholandi.

Kalit so‘zlar: AR, VR, fazoviy lokalizatsiya, yopiq makon, markerli lokalizatsiya, markerlarsiz lokalizatsiya, SLAM, VSLAM, homografiya, kamera pozasi, adabiy uy-muzey.

Аннотация. В статье анализируются теоретические и практические аспекты пространственной локализации в AR/VR-системах для закрытых помещений. Рассмотрены маркерные методы, безмаркерная локализация на основе естественных визуальных признаков и SLAM-подходы применительно к литературным домам-музеям. Задача локализации объясняется как ключевой вычислительный этап, обеспечивающий координатное соответствие между камерой, пользователем, реальным объектом и цифровой сценой. Приведены математические основы пространственного совмещения на базе однородных преобразований, проективной модели камеры, гомографии, набора визуальных признаков и модели состояния-наблюдения SLAM. Выполнена сравнительная оценка преимуществ, ограничений и возможностей интеграции рассматриваемых методов в гибридную AR/VR-визуализацию.

Ключевые слова: AR, VR, пространственная локализация, закрытое помещение, маркерная локализация, безмаркерная локализация, SLAM, VSLAM, гомография, поза камеры, литературный дом-музей.

Abstract. This paper analyzes theoretical and practical aspects of spatial localization for indoor AR/VR systems. Marker-based localization, markerless pose estimation based on natural visual features, and SLAM approaches are considered in the context of literary house-museums. Localization is interpreted as

a key computational stage that provides coordinate consistency between a camera, a user, a real object, and a digital scene. The paper presents the mathematical foundations of spatial registration through homogeneous transformation, camera projection, homography, feature representation, and the state-observation model of SLAM. The advantages, limitations, and integration potential of these methods for hybrid AR/VR visualization are comparatively evaluated.

Keywords: AR, VR, spatial localization, indoor environment, marker-based localization, markerless localization, SLAM, VSLAM, homography, camera pose, literary house-museum.

KIRISH.

Zamonaviy AR/VR tizimlarida virtual obyektni real muhit bilan moslashtirish, foydalanuvchi harakatini kuzatish va eksponatga bog‘langan raqamli kontentni kerakli joyda ko‘rsatish uchun fazoviy lokalizatsiya muhim hisoblanadi. AR tizimi nafaqat 3D model yoki multimedia kontentni namoyish qiladi, balki ularni real sahna koordinatalari bilan bog‘laydi. Shu sababli kamera, foydalanuvchi, obyekt va raqamli sahna o‘rtasidagi fazoviy moslik aniqlanmasa, virtual obyekt real muhitda siljib yoki noto‘g‘ri joyda ko‘rinadi [1], [2].

Yopiq makon sharoitida lokalizatsiya masalasi ochiq hududga nisbatan murakkabroqdir. GPS signali muzey, kutubxona, tarixiy uy-muzey yoki ko‘rgazma zallarida yetarli darajada ishlamaydi. Natijada ichki navigatsiya, AR kontentni real obyektga bog‘lash va foydalanuvchi pozitsiyasini aniqlash uchun kamera asosidagi vizual kuzatish, markerli triggerlar, markerlarsiz tanib olish, inertial sensorlar va SLAM algoritmlaridan foydalanish talab etiladi [3], [4].

Adabiy uy-muzeylar uchun bu masala alohida ahamiyatga ega. Bunday makonlarda eksponat, interyer, devor bezagi, kitob muqovasi, portret va me’moriy detallar tarixiy kontekstga ega bo‘lib, ularga qo‘shimcha raqamli izoh, audio sharh, 3D rekonstruksiya yoki VR panorama bog‘lanishi mumkin. Biroq tarixiy muhitga texnik markerlarni ortiqcha joylashtirish estetik ko‘rinishga salbiy ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli markerli, markerlarsiz va SLAM yondashuvlarini gibrid tarzda tanlash dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi [5], [6].

Mazkur maqolaning maqsadi AR/VR tizimlarida yopiq makon uchun fazoviy lokalizatsiya usullarini tahlil qilish, ularning matematik asoslarini umumlashtirish, adabiy uy-muzeylar sharoitidagi afzallik hamda cheklovlarini aniqlashdan iborat. Tadqiqot natijalari gibrid AR/VR vizualizatsiya tizimida eksponatga bog‘langan kontent, yopiq makon navigatsiyasi va real vaqtli fazoviy moslashtirishni tashkil etishda metodologik asos bo‘lib xizmat qiladi [7].

ADABIYOTLAR TAHLILI

AR tushunchasining nazariy asoslarida real va virtual obyektlarning bir muhitda birlashtirilishi, real vaqt rejimida interaktiv ishlashi va uch o‘lchamli

ISSN 3030-3907

fazoda ro‘yxatga olinishi asosiy mezon sifatida ko‘rsatiladi. Bu yondashuv AR tizimlarida lokalizatsiyani grafik ko‘rsatishdan oldingi zarur hisoblash bosqichi sifatida talqin qilish imkonini beradi [1]. Milgram va Kishino tomonidan taklif etilgan virtuality continuum modeli esa real va virtual muhitlar orasidagi uzluksiz o‘tishlarni tushuntirib, AR/VR tizimlarida fazoviy moslashtirishning konseptual chegaralarini belgilaydi [2].

Markerli lokalizatsiya AR tizimlarining dastlabki amaliy yo‘nalishlaridan biridir. Kato va Billinghurst tomonidan ishlab chiqilgan ARToolKit yondashuvi tayanch markerlarni tanib olish va ularning burchaklari asosida kamera pozasini hisoblashga imkon berdi [8]. Ushbu usul real vaqtli ishlashi, geometrik soddaligi va natijani izohlash osonligi bilan ajralib turadi. Biroq marker ko‘rinmay qolishi, yoritilishning pastligi yoki markerning tarixiy interyerga mos kelmasligi uning qo‘llanishini cheklaydi [9].

Markerlarsiz lokalizatsiya maxsus belgi o‘rniga real sahnadagi tabiiy vizual xususiyatlarga tayanadi. Lowe tomonidan taklif etilgan SIFT belgilarining masshtab va aylanishga nisbatan barqarorligi tasvirlarni moslashtirish masalalarida muhim ahamiyat kasb etdi [10]. Keyingi ishlarda SURF, ORB, BRISK kabi belgilar tezkor ishlash va real vaqtli ilovalar uchun qo‘llanila boshlandi [11], [12]. Madaniy meros obyektlarida bunday yondashuv portret, kitob, qo‘lyozma, vitrina va naqsh elementlarini tabiiy marker sifatida ishlatish imkonini beradi.

SLAM yondashuvlari yopiq makon lokalizatsiyasida alohida o‘rin tutadi. Davison va hammualliflar tomonidan taklif etilgan MonoSLAM bitta kamera asosida real vaqtli pozani baholash va xarita yaratish masalasini ko‘rsatdi [13]. Klein va Murray PTAM yondashuvida tracking va mapping jarayonlarini alohida oqimlarda tashkil etdi [14]. Mur-Artal va hammualliflarning ORB-SLAM tizimi esa real vaqtli feature tracking, qayta lokalizatsiya va loop closure imkoniyatlari bilan keng tarqaldi [15]. Bu adabiyotlar yopiq makonda AR navigatsiya uchun SLAMning nazariy va texnik poydevorini shakllantiradi.

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, yopiq makon uchun yagona universal lokalizatsiya usuli mavjud emas. Markerli usullar aniqlik va tezlik beradi, markerlarsiz usullar estetik jihatdan qulay, SLAM esa foydalanuvchi harakatini uzluksiz kuzatadi. Shu bilan birga, ularning har biri muhitga, yoritilishga, tekstura miqdoriga, hisoblash resurslariga va drift xatosiga sezgir. Shuning uchun adabiy uy-muzeylar uchun gibrid model, ya’ni markerli triggerlar, tabiiy vizual belgilar, inertial sensorlar va SLAM mexanizmlarini birlashtirish maqsadga muvofiqdir [16], [17].

METODOLOGIYA.

Tadqiqot metodologiyasi AR/VR tizimlarida yopiq makon uchun fazoviy lokalizatsiya jarayonini geometrik modellashtirish, vizual belgilarni ajratish va

ISSN 3030-3907

gibrid lokalizatsiya usullarini qiyosiy tahlil qilishga asoslandi. AR muhitida jahon koordinatalar tizimi, kamera koordinatalar tizimi va ekran koordinatalar tizimi o‘zaro bog‘langan bo‘ladi. Real obyektning jahon koordinatalaridagi nuqtasi P_w bilan belgilanganda, uning kamera koordinatalaridagi holati quyidagi gomogen transformatsiya orqali ifodalanadi [18]:

$$P_c = T_{cw} P_w, \qquad T_{cw} = [R|\, t] \quad (1)$$

Bu yerda P_c - nuqtaning kamera koordinatalaridagi holati; T_cw - jahon koordinatalaridan kamera koordinatalariga o‘tish matritsasi; $R \in SO(3)$ - aylanish matritsasi; $t \in R^3$ - siljish vektori. Ushbu ifoda AR tizimida virtual obyektni real kamera ko‘rinishiga moslashtirishning asosiy geometrik modelidir.

Nuqtaning kamera koordinatalaridan ekran koordinatalariga proyeksiyalanishi kamera ichki parametrlarini hisobga oluvchi kalibrlash matritsasi orqali aniqlanadi:

$$s\,p = K[R|\, t]P_w, \qquad p = (u,v,1)^T \quad (2)$$

bu yerda K - kamera kalibrlash matritsasi; p - ekran tekisligidagi nuqta; u va v - piksel koordinatalari; s - masshtab koeffitsiyenti. Kamera kalibrlash matritsasining soddalashtirilgan ko‘rinishi quyidagicha yoziladi [18], [19]:

$$K = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Mazkur modelda $f_x$va $f_y$fokus masofalarini, $c_x$va c_y asosiy nuqta koordinatalarini bildiradi. Agar K, R yoki t noto‘g‘ri baholansa, virtual obyekt real obyekt ustiga to‘g‘ri tushmaydi va fazoviy bog‘lash xatosi yuzaga keladi. Shu sababli lokalizatsiya algoritmining asosiy vazifasi kamera pozasini imkon qadar barqaror va real vaqt rejimida aniqlashdan iborat.

MARKERLI LOKALIZATSIYA.

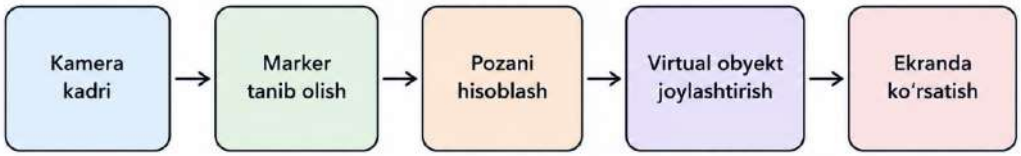
Markerli lokalizatsiyada real sahnaga oldindan ma’lum shakl va o‘lchamga ega marker joylashtiriladi. Kamera marker burchaklarini aniqlaydi, marker tekisligi va ekran koordinatalari orasidagi bog‘lanish homografiya orqali topiladi. Marker koordinatalari va tasvir koordinatalari orasidagi proyektiv bog‘lanish quyidagicha yoziladi [8], [20]:

$$s\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = H\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

bu yerda H - tekislik homografiyasi; X va Y - marker tekisligidagi koordinatalar; u va v - tasvirdagi piksel koordinatalari. Agar marker tekisligi $Z = 0$ deb qaralsa, homografiya kamera kalibrlash matritsasi va tashqi parametrlar

ISSN 3030-3907

bilan $H = K[r_1 \quad r_2 \quad t]$ko‘rinishida bog‘lanadi. Markerli usul eksponat yonidagi QR-kod, maxsus grafik trigger yoki dizaynga moslashtirilgan belgilar orqali AR kontentni chaqirishda qulaydir.



1-rasm. Markerli AR lokalizatsiya algoritmi

MARKERLARSIZ LOKALIZATSIYA.

Markerlarsiz lokalizatsiya maxsus markerlardan foydalanmasdan, real sahnadagi tabiiy vizual xususiyatlarni ajratish va moslashtirishga asoslanadi. Xususiyatlarga asoslangan yondashuvda tasvirdan ajratilgan belgilar to‘plami quyidagicha ifodalanadi [10], [12]:

$$F(I) = \{ f_i = (x_i, y_i, d_i) \mid i = 1,2,\ldots,n \} \quad (5)$$

bu yerda F(I) - I tasvirdan ajratilgan belgilar to‘plami; x_i va y_i - i-belgining koordinatalari; d_i- descriptor vektori; n - belgilar soni.

Markerlarsiz usullar adabiy uy-muzeylarda portret, qo‘lyozma, kitob muqovasi, devor bezagi va me’moriy detalni tabiiy marker sifatida tanish imkonini beradi. Biroq past yoritilish, shisha vitrinalar, bir xil rangli devorlar va tashrif buyuruvchilar harakati ularning barqarorligiga ta’sir ko‘rsatadi.



2-rasm. Markerlarsiz lokalizatsiya jarayoni

SLAM VA VSLAM YONDASHUVI.

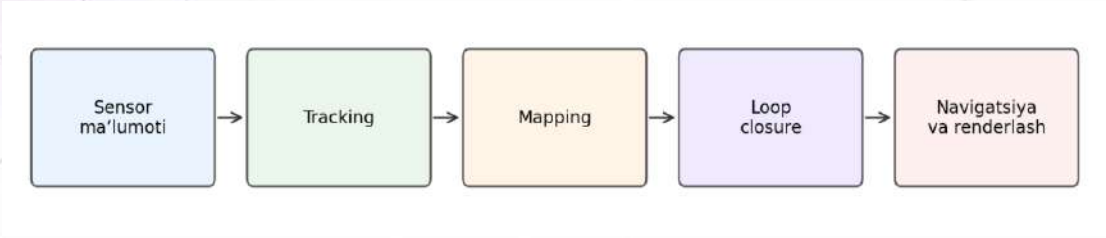
SLAM bir vaqtning o‘zida lokalizatsiya va xaritalash jarayonini bildiradi. Bu yondashuvda tizim foydalanuvchi harakatlanayotgan paytda kamera pozasini baholaydi va atrof-muhit xaritasini shakllantiradi. Ehtimollik nuqtayi nazaridan SLAM holat va kuzatuv modeli quyidagicha yoziladi [13], [15], [21]:

$$x_t = f(x_{t-1}, u_t) + w_t, \qquad z_t = h(x_t, m) + v_t \quad (6)$$

bu yerda x_t – t - vaqtdagi kamera yoki foydalanuvchi holati; u_t - harakat yoki inertial sensor ma’lumoti; z_t - kuzatuv; m - xarita; w_t va v_t - mos ravishda harakat hamda kuzatuv shovqinlari. Amaliy VSLAM tizimlarida tracking, mapping, relocalization va loop closure modullari muhim rol o‘ynaydi. Loop

ISSN 3030-3907

closure foydalanuvchi avval o‘tilgan joyga qaytganda to‘plangan drift xatosini kamaytiradi.



3-rasm. VSLAM asosida yopiq makon lokalizatsiyasi

GIBRID LOKALIZATSIYA MODELI.

Yopiq makon AR/VR tizimida markerli, markerlarsiz va SLAM usullarini alohida qo‘llash ko‘pincha yetarli emas. Amaliy tizimda markerlar aniq boshlang‘ich nuqta va eksponat identifikatsiyasini beradi, markerlarsiz belgilar tarixiy muhitni buzmasdan tanib olishga xizmat qiladi, SLAM esa foydalanuvchi harakatini uzluksiz kuzatadi. Shu sababli gibrid lokalizatsiya modeli turli manbalardan olingan pozitsion axborotni birlashtirishga asoslanadi [16], [17], [24]. Gibrid modelning umumiy ko‘rinishini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$L_h = \langle M_a, F_n, S_v, I_m, G_s, C \rangle \quad (7)$$

bu yerda M_a - markerli anchor nuqtalar to‘plami; F_n - tabiiy vizual belgilar; S_v - VSLAM xaritasi va kamera pozalari; I_m- inertial sensor ma’lumotlari; G_s- semantik xarita yoki xona-graf; C - kontentni fazoviy bog‘lash qoidalari. Bunday modelda har bir usulning kuchli tomoni saqlanadi: markerlar aniqlikni oshiradi, tabiiy belgilar estetik moslikni ta’minlaydi, SLAM esa harakat trayektoriyasini uzluksiz yangilaydi.

Amaliy algoritm quyidagi ketma-ketlikda tashkil etilishi mumkin: dastlab foydalanuvchi kamerasi sahnani oladi; tizim marker mavjudligini tekshiradi; marker topilsa, u anchor sifatida olinadi; marker topilmasa, tabiiy xususiyatlar ajratilib model bilan moslashtiriladi; parallel ravishda SLAM moduli joriy kamera pozasini yangilaydi; natija inertial sensor va semantik cheklovlar bilan tekshiriladi; yakunda AR kontent ekranga proyeksiyalanadi. Ushbu ketma-ketlik muzey sharoitida barqarorlik va foydalanuvchi uchun qulaylikni oshiradi [22], [23].

Gibrid lokalizatsiya ayniqsa adabiy uy-muzeylar uchun qulaydir, chunki bunday makonlarda ayrim eksponatlar marker orqali aniq chaqirilishi, ayrimlari tabiiy belgi sifatida tanilishi, zal bo‘ylab harakat esa SLAM orqali kuzatilishi mumkin. Natijada tizim bitta texnologiyaga bog‘lanib qolmaydi va yoritilish, occlusion, tashrif buyuruvchilar harakati yoki takroriy interyer elementlari kabi omillarga nisbatan barqarorroq ishlaydi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

ISSN 3030-3907

Tahlil natijalari markerli lokalizatsiya yopiq makonda aniq boshlang‘ich registration va eksponatga bog‘langan kontentni chaqirish uchun qulay ekanini ko‘rsatadi. Marker burchaklari aniq topilganda kamera pozasini hisoblash soddalashadi, AR obyekt marker koordinatalariga barqaror bog‘lanadi. Shu sababli markerli yondashuv yozuvchi portreti, qo‘lyozma nusxasi, audio izoh yoki 3D rekonstruksiya elementini ishga tushirishda samarali ishlaydi [8], [20]. Biroq marker ko‘rinmay qolsa, yorug‘lik yetarli bo‘lmasa yoki marker tarixiy interyer bilan uyg‘unlashmasa, tizim sifati pasayadi.

Markerlarsiz lokalizatsiya estetik jihatdan qulay bo‘lib, tarixiy uy-muzey muhitiga qo‘shimcha texnik belgilar joylashtirmasdan AR kontentni ishlatish imkonini beradi. Bu yondashuvda real eksponatning o‘zi trigger vazifasini bajaradi. Masalan, portret kamera orqali tanilganda yozuvchi hayoti, asarlari yoki tarixiy fotosuratlari ochilishi mumkin. Biroq kam teksturali sirtlar, shisha vitrinalar, o‘xshash eksponatlar va past yoritilish noto‘g‘ri moslik ehtimolini oshiradi [10], [12].

SLAM yondashuvi foydalanuvchi harakatini uzluksiz kuzatish va yopiq makon xaritasini shakllantirish uchun eng muhim vositalardan biridir. U GPSsiz ichki navigatsiya, xona bo‘ylab AR yo‘nalish ko‘rsatkichlari va 3D raqamli egizak bilan bog‘langan interfeyslarni tashkil etishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, SLAM drift xatosi, dinamik obyektlar, teksturasiz sahnalar va hisoblash resurslariga bog‘liq cheklovlarga ega. Muzey zallarida foydalanuvchi aylana trayektoriya bo‘ylab harakatlanishi mumkinligi sababli loop closure mexanizmi alohida ahamiyat kasb etadi [15], [21].

1-jadval

AR/VR tizimlarida yopiq makon lokalizatsiya usullarining qiyosiy tahlili

Usul	Asosiy g‘oya	Afzalligi	Cheklovi	Muzey sharoitidagi roli
Markerli lokalizatsiya	Maxsus marker yoki triggerni tanib olish	Tez, sodda, aniq boshlang‘ich nuqta beradi	Marker ko‘rinmasa ishlamaydi; dizayn bilan moslash zarur	Eksponat yonida kontent chaqirish va registration
Markerlarsiz lokalizatsiya	Tabiiy belgilar, tekstura va obyekt xususiyatlari	Maxsus marker talab qilmaydi; estetik jihatdan qulay	Past tekstura, yoritilish va occlusionga sezgir	Portret, kitob, vitrina va xona detallarini tanish

ISSN 3030-3907

	orqali pozani baholash			
VSLAM	Kamera harakati bilan xarita va pozani birgalikda baholash	GPSsiz ichki navigatsiya va uzluksiz tracking	Drift, dinamik obyektlar va hisoblash xarajati mavjud	Muzey zallari bo‘ylab AR navigatsiya
Gibrid lokalizatsiya	Marker, feature, IMU va SLAMni birlashtirish	Barqarorlik yuqori; turli sharoitga moslashadi	Integratsiya murakkab; kalibrlash talab qilinadi	Adabiy uy-muzeylar uchun eng maqbul yondashuv

Qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, adabiy uy-muzeylar uchun eng maqbul yechim bitta lokalizatsiya usulini tanlash emas, balki ularni vazifaga qarab birlashtirishdir. Markerli triggerlar aniq eksponatni identifikatsiya qiladi, markerlarsiz tanib olish muhit estetikasini saqlaydi, SLAM esa foydalanuvchi harakatini uzluksiz kuzatadi. Gibrid modelda markerlar driftni tuzatish uchun anchor nuqta sifatida, tabiiy belgilar obyektni identifikatsiya qilish uchun, SLAM esa navigatsiya va xaritalash uchun xizmat qiladi [16], [17].

Natijada yopiq makonda AR/VR tizimini loyihalashda lokalizatsiya moduli mustaqil texnik qism emas, balki 3D model, semantik kontent, foydalanuvchi interfeysi va navigatsiya grafigi bilan integratsiyalashgan markaziy komponent sifatida qaralishi lozim. Bunday yondashuv tarixiy muhitga zarar yetkazmasdan, foydalanuvchiga ko‘rgazma bo‘ylab yo‘nalish berish, eksponat haqida kontekstual axborot chiqarish va VR panorama bilan AR rejim o‘rtasida uzluksiz o‘tishni ta’minlaydi.

Lokalizatsiya usullarini baholashda faqat aniqlik ko‘rsatkichi yetarli emas. AR/VR tizimida ishlash tezligi, qayta lokalizatsiya imkoniyati, foydalanuvchi qurilmasi resurslariga yuklama, muhit estetikasi va kontentni joylashtirish ishonchliligi ham hisobga olinadi.

ADABIY UY-MUZEY UCHUN AMALIY MODEL.

Adabiy uy-muzey uchun amaliy AR/VR tizimida lokalizatsiya uch darajada tashkil etilishi maqsadga muvofiq. Birinchi daraja - eksponat darajasi bo‘lib, unda alohida portret, qo‘lyozma, kitob, mebel yoki tarixiy buyum aniqlanadi. Ikkinchi daraja - xona darajasi bo‘lib, foydalanuvchining qaysi zal yoki xonada turgani

ISSN 3030-3907

belgilanadi. Uchinchi daraja - navigatsiya darajasi bo‘lib, foydalanuvchi keyingi nuqtaga, masalan, boshqa eksponat yoki VR panorama nuqtasiga yo‘naltiriladi.

Eksponat darajasida markerli va markerlarsiz usullar birgalikda ishlatilishi mumkin. Muhim va kam teksturali eksponatlar yonida estetik moslashtirilgan kichik marker qo‘llanadi. Portret, rasm, kitob muqovasi yoki naqsh kabi xususiyatlarga boy obyektlar esa tabiiy marker sifatida taniladi. Bu yondashuv tarixiy interyerga ortiqcha texnik belgilar kiritmasdan, kerakli joylarda yuqori aniqlikni saqlab qolishga yordam beradi.

Xona darajasida SLAM yoki oldindan yaratilgan 3D xarita asosiy rol o‘ynaydi. Foydalanuvchi kamerasi ketma-ket kadrlarni oladi, tizim xona ichidagi barqaror nuqtalarni kuzatadi va joriy pozani xarita bilan moslashtiradi. Agar foydalanuvchi ilgari o‘tilgan joyga qaytsa, loop closure jarayoni drift xatosini kamaytiradi. Bu holat muzey zallari aylana yo‘nalishda tashkil etilganida ayniqsa muhimdir.

Navigatsiya darajasida lokalizatsiya natijasi semantik graf bilan bog‘lanadi. Graf tugunlari xona, eksponat, eshik, VR panorama nuqtasi va audio izoh joylarini bildiradi; qirralar esa foydalanuvchi harakatlanishi mumkin bo‘lgan yo‘nalishlarni ifodalaydi. Joriy kamera pozasi shu grafdagi eng yaqin semantik tugun bilan bog‘langanda, tizim foydalanuvchiga qaysi yo‘nalishda yurish kerakligini yoki qaysi kontentni ochish kerakligini aniqlaydi.

Bunday modelning ilmiy-amaliy afzalligi shundaki, AR/VR tizimi faqat vizual effekt beruvchi ilova sifatida emas, balki fazoviy, semantik va navigatsion axborotni birlashtiruvchi interaktiv platforma sifatida ishlaydi. Shu sababli lokalizatsiya algoritmlari gibrid vizualizatsiya tizimining asosiy moduli bo‘lib, ular 3D model, panorama, multimedia kontent va foydalanuvchi interfeysini yagona muhitda bog‘laydi.

XULOSA.

AR/VR tizimlarida yopiq makon uchun fazoviy lokalizatsiya virtual obyektni real sahna bilan bog‘lashning asosiy sharti hisoblanadi. Kamera pozasi, kalibrlash matritsasi va proyektiv model noto‘g‘ri aniqlansa, raqamli kontent real obyektga mos kelmaydi.

Markerli lokalizatsiya tezkor va aniq ishlashi sabab eksponatga bog‘langan AR kontentni chaqirishda qulaydir. Biroq tarixiy uy-muzeylarda marker dizayni muhit estetikasi bilan moslashtirilishi, marker ko‘rinishining yo‘qolishiga qarshi qo‘shimcha mexanizmlar qo‘llanishi zarur.

Markerlarsiz lokalizatsiya madaniy meros obyektlarida tabiiy ko‘rinishni saqlab qoladi va real eksponatning o‘zini trigger sifatida ishlatish imkonini beradi. Shu bilan birga, past yoritilish, shisha vitrinalar va kam teksturali yuzalar bu usulning barqarorligini pasaytiradi.

ISSN 3030-3907

SLAM va VSLAM yondashuvlari yopiq makonda GPSsiz navigatsiya, foydalanuvchi trayektoriyasini kuzatish va xona xaritasini shakllantirish uchun muhimdir. Driftni kamaytirish uchun loop closure, markerli anchor nuqtalar, inertial sensorlar va oldindan tayyorlangan 3D xaritalardan foydalanish maqsadga muvofiq.

Adabiy uy-muzeylar uchun eng maqbul yechim markerli, markerlarsiz va SLAM yondashuvlarini gibrid lokalizatsiya modelida birlashtirishdir. Bu model AR kontentni aniq joylashtirish, VR panorama bilan integratsiya qilish, eksponatga bog‘langan multimedia axborotini chiqarish va foydalanuvchining yopiq makonda adashmasdan harakatlanishini ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Azuma R. T. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997, Vol. 6, No. 4, pp. 355–385.
2. Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information and Systems, 1994, Vol. E77-D, No. 12, pp. 1321–1329.
3. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. Springer, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-34372-9.
4. Hartley R., Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision. 2nd ed. Cambridge University Press, 2004.
5. Craig A. B. Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications. Morgan Kaufmann, 2013.
6. Billinghurst M., Clark A., Lee G. A survey of augmented reality. Foundations and Trends in Human–Computer Interaction, 2015, Vol. 8, No. 2–3, pp. 73–272.
7. Carmigniani J., Furht B., Anisetti M., Ceravolo P., Damiani E., Ivkovic M. Augmented reality technologies, systems and applications. Multimedia Tools and Applications, 2011, Vol. 51, pp. 341–377.
8. Kato H., Billinghurst M. Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. Proceedings of IWAR, 1999, pp. 85–94.
9. Fiala M. ARTag, a fiducial marker system using digital techniques. IEEE CVPR, 2005, pp. 590–596.
10. Lowe D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International Journal of Computer Vision, 2004, Vol. 60, pp. 91–110.
11. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. SURF: Speeded Up Robust Features. ECCV, 2006, pp. 404–417.
12. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. ICCV, 2011, pp. 2564–2571.
13. Davison A. J., Reid I. D., Molton N. D., Stasse O. MonoSLAM: Real-time single camera SLAM. IEEE TPAMI, 2007, Vol. 29, No. 6, pp. 1052–1067.

ISSN 3030-3907

14. Klein G., Murray D. Parallel tracking and mapping for small AR workspaces. ISMAR, 2007, pp. 225–234.
15. Mur-Artal R., Montiel J. M. M., Tardós J. D. ORB-SLAM: A versatile and accurate monocular SLAM system. IEEE Transactions on Robotics, 2015, Vol. 31, No. 5, pp. 1147–1163.
16. Engel J., Schöps T., Cremers D. LSD-SLAM: Large-scale direct monocular SLAM. ECCV, 2014, pp. 834–849.
17. Newcombe R. A., Izadi S., Hilliges O., et al. KinectFusion: Real-time dense surface mapping and tracking. ISMAR, 2011, pp. 127–136.
18. Mourikis A. I., Roumeliotis S. I. A multi-state constraint Kalman filter for vision-aided inertial navigation. ICRA, 2007, pp. 3565–3572.
19. Nistér D. An efficient solution to the five-point relative pose problem. IEEE TPAMI, 2004, Vol. 26, No. 6, pp. 756–770.
20. Zhang Z. A flexible new technique for camera calibration. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, Vol. 22, No. 11, pp. 1330–1334.
21. Durrant-Whyte H., Bailey T. Simultaneous localization and mapping: Part I. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2006, Vol. 13, No. 2, pp. 99–110.
22. Bailey T., Durrant-Whyte H. Simultaneous localization and mapping: Part II. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2006, Vol. 13, No. 3, pp. 108–117.
23. Piasco N., Sidibé D., Demonceaux C., Gouet-Brunet V. A survey on visual-based localization: On the benefit of heterogeneous data. Pattern Recognition, 2018, Vol. 74, pp. 90–109.
24. Campos C., Elvira R., Rodríguez J. J. G., Montiel J. M. M., Tardós J. D. ORB-SLAM3: An accurate open-source library for visual, visual–inertial, and multimap SLAM. IEEE Transactions on Robotics, 2021, Vol. 37, No. 6, pp. 1874–1890.
25. Taketomi T., Uchiyama H., Ikeda S. Visual SLAM algorithms: A survey from 2010 to 2016. IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, 2017, Vol. 9, Article 16.

ISSN 3030-3907

UDK: 616.613.2-002.2-053.2-085.322

BOLALARDA SURUNKALI PIYELONEFRIT KECHISHIDA TUBULOINTERSTITSIAL TIZIM ZARARLANISHI HAMDA MIKROBIAL-METABOLIK BUZILISHLARNI FITOMETOFILAKTIKA ORQALI OPTIMALLASHTIRISH

Aralov Mirza Djo`raqulovich
Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot surunkali piyelonefrit (SP) bilan og‘rigan 98 nafar bolada buyrak parsial funksiyalarini baholash va ulardan 28 nafarida "Nefrosten" fitopreparatining metofilaktik samaradorligini o‘rganishga bag‘ishlangan. Dinamikada koptokcha filtratsiyasi tezligi (KFT), kanalchalar reabsorbsiyasi, kaltsiy va fosfatlar ekskretsiyasi (EF_{Ca}, EF_P) hamda siydik sedimenti tahlil qilindi. Kurs yakunida bemorlarning 89,3% qismida barqaror klinik-bakterial remissiyaga erishildi: sutkalik leykotsituriya 14500 ± 1200 dan 1800 ± 250 gacha ($p<0,01$) kamaydi, KFT esa 82,9 ± 4,1 dan 95,4 ± 3,6 ml/min gacha ($p<0,05$) ko‘tarildi. Siydik kolloid holati yaxshilanishi hisobiga metabolik kristalluriya 78,5% dan 14,3% gacha ($p<0,01$) pasaydi. Xulosa qilib aytganda, "Nefrosten" bolalarda SP qaytalanishining oldini olish va buyrak funksional zaxiralarini tiklashda yuqori samarali va xavfsiz metofilaktika vositasidir.

Kalit so‘zlar: surunkali piyelonefrit, bolalar, parsial funksiyalar, metofilaktika, Nefrosten, kristalluriya.

Аннотация. Данное исследование посвящено оценке парциальных функций почек у 98 детей с хроническим пиелонефритом (ХП) и изучению метафилактической эффективности фитопрепарата «Нефростен» у 28 из них. В динамике анализировали скорость клубочковой фильтрации СКФ), канальцевую реабсорбцию, экскретируемые фракции кальция и фосфатов ЭФ_{Ca}, ЭФ_{P}), а также мочевой осадок. По окончании курса терапии стойкая клинико-бактериологическая ремиссия была достигнута у 89,3% пациентов: суточная лейкоцитурия достоверно снизилась с 14500 ± 1200 до 1800 ± 250 клеток/см³ $p<0,01$), а СКФ улучшилась с 82,9 ± 4,1 до 95,4 ± 3,6 мл/мин $p<0,05$). За счет оптимизации коллоидного состояния мочи показатели метаболической кристаллурии снизились с 78,5% до 14,3% $p<0,01$). В заключение, «Нефростен» является высокоэффективным и безопасным средством метафилактики для предотвращения рецидивов ХП и восстановления функциональных резервов почек у детей.

Ключевые слова: хронический пиелонефрит, дети, парциальные функции, метафилактика, Нефростен, кристаллурия.

Abstract. This study evaluates partial renal functions in 98 children with chronic pyelonephritis (CP) and investigates the metaphylactic efficacy of "Nefrosten" in

28 of them. Glomerular filtration rate (GFR), tubular reabsorption, calcium and phosphate excretion (EF_{Ca}, EF_P), and urinary sediment were analyzed dynamically. Following therapy, stable clinical and bacterial remission was achieved in 89.3% of patients: daily leukocyturia decreased from 14500 ± 1200 to 1800 ± 250 cells/cm³ ($p<0,01$), and GFR improved from 82,9 ± 4,1 to 95,4 ± 3,6 ml/min ($p<0,05$). Due to the optimization of urinary colloid state, metabolic crystalluria dropped from 78.5% to 14.3% ($p<0,01$). In conclusion, "Nefrosten" is a highly effective and safe metaphylaxis agent for preventing CP recurrence and restoring renal functional reserves in children.

Keywords: chronic pyelonephritis, children, partial functions, metaphylaxis, Nefrosten, crystalluria.

KIRISH.

Dolzarbligi. Bolalar yoshidagi nefrologik patologiyalar ko‘pincha yaqqol belgilarsiz va sekin rivojlanib, kasallikning surunkali bosqichga o‘tishi hamda og‘ir asorat — surunkali buyrak yetishmovchiligi (SBYe) shakllanishi xavfini tug‘diradi. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, piyelonefrit tashhisi qo‘yilgan bemorlarning chorak qismidan ham kamrog‘ida (19,2%) o‘n yillik muddat ichida buyrak funksiyalari to‘liq tiklanadi. SBYening ilk klinik-laborator alomatlari faqatgina buyrak to‘qimasining to‘rtdan bir qismi (25% nefronlar) omon qolganida, ya’ni organning asosiy qismi zararlanib bo‘lgandagina ko‘zga tashlanadi. Shu sababli, piyelonefritning turli shakllarida buyrak parenximasi nobud bo‘lishining oldini olish va davolash taktikasini to‘g‘ri belgilash uchun nefronning har bir segmenti faoliyatini chuqur va majmuali ravishda tekshirish o‘ta muhim hisoblanadi [1, 4, 8].

Vaziyatni murakkablashtirayotgan yana bir omil — keyingi yillarda siydik yo‘llari infeksiyalarini qo‘zg‘atuvchi mikroorganizmlar tabiatining o‘zgarganidir. Bugungi kunda an’anaviy antibakterial va kimyoviy dori vositalariga nisbatan patogenlarning chidamliligi (rezistentligi) keskin ortgan. Ta’sirchan dori vositalari nomenklaturasining qisqarishi esa bolalarda ushbu kasalliklarni samarali davolashda jiddiy tibbiy muammolarni yuzaga keltirmoqda [3, 9, 12].

Klinik kuzatuvlarga ko‘ra, surunkali piyelonefrit bilan kasallangan bolalarning aksariyat qismida (67%) klinik-laborator remissiya bosqichida ham patogen mikroorganizmlarning persistensiya qilishi aniqlangan. Ushbu latent infeksiya o‘chog`i buyrak parenximasida destruktiv-yallig‘lanish jarayonining surunkali davom etishini ta’minlovchi va nefropatiyaning progressiv rivojlanishini belgilovchi trigger (yetakchi) omil bo‘lib xizmat qiladi. Antiretsidiv terapiya siydikda patologik bakteriyalar miqdorini (bakteriyuriyani) barqaror cheklash imkonini beradi; dori vositalarini muddatidan oldin bekor qilish esa nefrotik to‘qimada patologik jarayonning reaktivatsiyasiga sabab bo‘ladi [7]. Shundan kelib

ISSN 3030-3907

chiqqan holda, uzoq muddatli preventiv (oldini oluvchi) terapiya o‘tkazish patogenetik jihatdan asoslangan bo‘lib, uning rejasi xastalikning fenotipik kechishi va og‘irlik darajasiga ko‘ra individual tarzda belgilanadi [5, 7, 10].

Uropatogen mikrofloraning zamonaviy antibiotiklarga nisbatan polirezistentligi (ko‘p dori vositalariga chidamliligi) kuchayib borayotgan hozirgi sharoitda, pediatriya farmakologiyasida yuqori terapevtik samaradorlikka va minimal darajadagi toksiklikka ega bo‘lgan innovatsion antibakterial agentlarni joriy etish dolzarb strategik vazifa hisoblanadi. Bolalar urologik amaliyotida retsidivlarga qarshi an’anaviy farmakoterapiya asosan furan unumlari, xinolonlar va oksixinolin qatoriga mansub dorilar hisobiga amalga oshiriladi. Mazkur ilmiy ish doirasida bolalardagi surunkali piyelonefritni patogenetik majmuali davolash ssenariysida antimikrob dori vositasi — furamagning klinik samaradorligi va tolerantlik (xavfsizlik) profili tahlil qilingan.

MAQSAD: Bolalarda surunkali piyelonefritning turli shakllarida tubulointerstitsial disfunksiya xususiyatlarini baholash va "Nefrosten" fitopreparati yordamida mikrobial-metabolik buzilishlarni korreksiyalash samaradorligini aniqlash.

MATERIAL VA METODLAR

TADQIQOTNING METODOLOGIK ASOSI VA BOSQICHLARI. Mazkur ilmiy izlanish o‘zaro bog‘liq ikki bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqichda surunkali piyelonefritning (SP) turli klinik-patogenetik shakllari bilan og‘rigan bolalarda buyrakning parsial funksional holatini qiyosiy baholash ko‘zda tutilgan bo‘lsa, ikkinchi bosqichda bolalar urologik amaliyotida SPning qaytalanishiga qarshi kompleks antiretsidiv terapiya tarkibida o‘simlik asosli zamonaviy fitopreparat — **Nefrosten**ning terapevtik samaradorligi va xavfsizlik profili tahlil qilindi.

Klinika-demografik tavsif va guruhlar strukturasi. Tadqiqotning dastlabki bosqichiga SPning o‘tkir davrini boshdan kechirayotgan, 5 yoshdan 17 yoshgacha bo‘lgan jami 98 nafar bemor bola jalb etildi. Jinsiy proporsiyaga ko‘ra, tadqiqot ishtirokchilarning 79 nafari (80,6%) qizlar va 19 nafari (19,4%) o‘g‘il bolalardan iborat edi. Kasallikning nozologik shakllariga ko‘ra bemorlar quyidagi guruhlarga ajratildi:

- Dismetabolik SP: 26 nafar (28,6%) bemor;
- Obstruktiv SP: 32 nafar (32,6%) bemor;
- Aralash (obstruktiv-dismetabolik) SP: 38 nafar (38,8%) bemor.

Anamnestik tahlillar shuni ko‘rsatdiki, bemorlarning 24,5% qismida kasallik davomiyligi 3 yildan ortiq, 57,1% holatda esa 5 yildan ziyod vaqtni tashkil etgan. Olingan natijalarning validligini ta’minlash maqsadida 32 nafar yoshi va jinsi mos

ISSN 3030-3907

keladigan, siydik-tanosil tizimi patologiyalari va metabolik disbalansga ega bo‘lmagan amalda sog‘lom bolalardan iborat nazorat guruhi shakllantirildi.

Buyrak parsial funksiyalarini laborator-instrumental baholash.

Nefropatiya darajasini va nefronlar funksionalligini aniqlash maqsadida buyrakning parsial funksiyalari kompleks usullar yordamida o‘rganildi. Bunda koptokchalar filtratsiyasi tezligi (KFT) va kanalchalar suv reabsorbsiyasi darajasi, muhim elektrolitlar va minerallar (kaltsiy, fosfatlar, kaliy, natriy, rux) klirensi hamda ekskretsiya qilinadigan fraksiyalari (EF) hisoblab chiqildi. Shuningdek, sutkalik aminoazot, ammiak va titrlanadigan kislotalar ekskretsiyasi dinamikasi hamda buyrakning kontsentratsion funksiyasini baholash uchun Zimnitskiy sinamasi tahlil qilindi.

Antiretsidiv fitoterapiya sxemasi va davolash taktikasi. Tadqiqotning ikkinchi bosqichida SPning qaytalanishiga qarshi uzoq muddatli preventiv davolash maqsadida 5 yoshdan 17 yoshgacha bo‘lgan 28 nafar bemorda Nefrosten preparatining samaradorligi o‘rganildi. Ushbu kichik guruh tarkibidan dismetabolik SP bilan og‘rigan 9 nafar, obstruktiv SP bilan 11 nafar va aralash shakldagi SP bilan og‘rigan 8 nafar bemor joy oldi (guruhda kasallikning o‘rtacha davomiyligi: 6,4 ±2,9 yil). Barcha bemorlarga Nefrosten (yosh guruhiga muvofiq, tabletka shaklida) sutkalik terapevtik dozada 14 kun davomida asosiy antiretsidiv kurs sifatida buyurildi, so‘ngra metofilaktik samarani ushlab turish uchun 1,5-2 oy davomida profilaktik dozada davom ettirildi.

Nefrosten preparatining patogenetik va farmakologik afzalliklari. Klinik farmakologiya: Nefrosten — urologik kasalliklarni kompleks davolash va asoratlarning oldini olish uchun mo‘ljallangan, o‘simlik ekstraktlarining (tillao‘t, lyubistok va rozmarin) muvozanatlashgan majmuasini saqlovchi fitopreparatdir.

Preparat tarkibidagi biologik faol moddalar (efir moylari, fenolkarbon kislotalari, flavonoidlar) buyrak to‘qimasiga ko‘p qirrali ta’sir ko‘rsatib, yallig‘lanishga qarshi, antimikrob, spazmolitik va o‘rtacha diuretik samaralarni namoyon etadi. Kimyoviy sintetik vositalardan farqli o‘laroq, u buyrak parenximasiga qo‘shimcha toksik yuklama keltirmaydi va uzoq muddatli mikrob florasi persistensiyasini xavfsiz bartaraf etadi. Dismetabolik buzilishlarda siydik yo‘llarida tuzlar (oksalat, urat) kristallanishining oldini olish xususiyati va chiqarilish shakllarining xilma-xilligi (eritma/tomchi va tabletkalar) preparatni pediatriya amaliyotida qo‘llash uchun qulay va xavfsiz farmakologik agentga aylantiradi.

TADQIQOT NATIJALARI. Tadqiqotning dastlabki bosqichida surunkali piyelonefrit (SP) bilan og‘rigan 98 nafar bemor bolaning buyrak parsial funksiyalari o‘rganilganda, patologik jarayonning klinik-anatomik shakliga qarab funksional buzilishlarning yaqqol geterogenligi aniqlandi.

ISSN 3030-3907

Obstruktiv va aralash (obstruktiv-dismetabolik) SP guruhlarida (n=70): Koptokcha filtratsiyasi tezligining (KFT) nazorat guruhiga (112,4 ±4,6ml/min) nisbatan sezilarli darajada pasayishi qayd etildi. Obstruktiv SP klinik shaklida KFT o‘rtacha 84,2 ±3,9 ml/min ($p<0,05$), aralash shaklda esa yanada chuqurroq o`zgarish kuzatilib, 81,5 ±4,2 ml/minni tashkil etdi. Shu bilan birga, kanalchalar suv reabsorbsiyasi darajasi ham muvofiq ravishda 97,1% va 96,8% gacha pasayganligi (nazoratda 98,7 ±0,2\%) qayd etildi.

Dismetabolik SP guruhida (n=28): Koptokcha filtratsiyasi ko‘rsatkichlari nisbatan barqaror saqlangan bo‘lsa-da (96,8 ±5,1 ml/min), tubulointerstitsial tizimning transport mexanizmlarida jiddiy disbalans aniqlandi. Minerallar ekskretsiya qilinadigan fraksiyalarining (EF) keskin ortishi kuzatildi. Sutkalik siydik bilan EF_{Ca} (3,8 ±0,21\%, nazoratda 1,2 ±0,08\%) va EF_P (14,6 ±1,1\%, nazoratda 8,4 ±0,5\%) miqdorining yuqoriligi aniqlandi. Shuningdek, sutkalik aminoazot (3,4 ±0,18 mmol/sutka) va titrlanadigan kislotalar ekskretsiyasining ortishi qayd etildi.

Zimnitskiy sinamasi tahlillariga ko‘ra, gipostenuriya va izoritmik nikturiya asosan obstruktiv va aralash shakldagi bemorlarning mos ravishda 62,5% va 68,4% qismida barqaror namoyon bo‘ldi.

Tadqiqotning ikkinchi bosqichida antiretsidiv metofilaktika maqsadida Nefrosten fitopreparati qabul qilgan 28 nafar bemor bolaning (9 nafar dismetabolik, 11 nafar obstruktiv va 8 nafar aralash SP) muolaja dinamikasi alohida tahlil qilindi. 14 kunlik asosiy va 1,5–2 oylik profilaktik kurslardan so‘ng, jami 28 nafar bemorning 25 nafarida (89,3%) barqaror klinik-laborator remissiya fazasiga erishildi.

Terapiya boshlanganidan so‘ng 5–7 sutkaga kelib, bemorlarning 82,1% qismida (23 nafar bola) siydik sedimentining to‘liq sanatsiyasiga (leykotsitlar sonining normallashishiga) erishildi. Sutkalik leykotsituriya miqdori o‘rtacha 14500± 1200 dan 1800 ±250 gacha (1\ cm^3 siydikda, $p<0,01$) kamaydi. Dizurik buzilishlar (tez-tez va og‘riqli siydik ajratish) dori qabulining 4-sutkasidayoq butunlay barham topdi.

Davolashgacha bo‘lgan davrda bemorlarning siydik ekmasida titri 10^5-10^6 KOYe/ml dan yuqori bo‘lgan uropatogenlar aniqlangan bo‘lsa, Nefrosten bilan uzoq muddatli metofilaktikadan so‘ng, 25 nafar bemorda (89,3%) siydik sterilligi ta’minlandi va barqaror bakterial remissiya qayd etildi. Dismetabolik va aralash SP shakli bo‘lgan bolalarda Nefrosten ta’sirida siydikning pH muhiti barqarorlashdi, oksalat va urat tuzlarining mikrokristallizatsiyasi va ekskretsiyasi 78,5% holatda (22 nafar bemor) minimal darajagacha kamaydi. Nefrosten fitokompleksi bilan o‘tkazilgan uzoq muddatli davolash buyrakning parsial funksiyalariga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatdi: o‘rtacha KFT ko‘rsatkichi 82,9±4,1 ml/min dan 95,4 ±3,6 ml/min

ISSN 3030-3907

gacha (p<0,05) ko‘tarildi, kanalchalar reabsorbtsiyasi esa 96,9 ±0,15\% dan 98,2 ±0,12\% gacha yaxshilandi (1-jadval).

1-jadval.

Surunkali piyelonefrit bilan og‘rigan bolalarda Nefrosten fitopreparati bilan o‘tkazilgan antiretsidiv terapiyaning klinik-laborator va funksional ko‘rsatkichlari dinamikasi (n=28)

Tekshirilgan parametrlar va mezonlar	Davolashgacha (n=28)	Davolashdan so‘ng (n=28)	Ishonchlilik darajasi (p)
Klyubochka filtratsiyasi tezligi (KFT, ml/min)	82,9 ±4,1	95,4 ±3,6	p < 0,05
Kanalchalar suv reabsorbsiyasi (\%)	96,9 ±0,15	98,2 ±0,12	p < 0,05
Sutkalik leykotsituriya miqdori (1\ cm^3 siydikda)	14500 ±1200	1800 ±250	p < 0,01
Siydik ekmasida uropatogenlar titri (>10^5\ \text{KOYe/ml})	28\ (100\%)	3\ (10,7\%)	p < 0,001
Barqaror bakterial remissiya (bemorlar soni, \%)	0\ (0\%)	25\ (89,3\%)	p < 0,001
Kaltsiy ekskretsiyalangan fraksiyasi (EF_{Ca}, \%)	3,6 ±0,25	1,5 ±0,11	p < 0,05
Fosfat ekskretsiyalangan fraksiyasi (EF_{P}, \%)	14,1 ±1,2	9,2 ±0,6	p < 0,05
Dizurik buzilishlar va og‘riq sindromi (bemorlar soni, \%)	19\ (67,8\%)	0\ (0\%)	p < 0,001
Metabolik kristalluriya (oksalat/urat, bemorlar soni, \%)	22\ (78,5\%)	4\ (14,3\%)	p < 0,01

Izoh: p < 0,05 – ko‘rsatkichlarning statistik ishonchli farqi (Student t-meyoni bo‘yicha).

Butun terapevtik monitoring davomida sinov guruhidagi (n=28) bolalarda dispeptik sindromlar, toksik-allergik reaksiyalar yoki dori vositasini rad etish

ISSN 3030-3907

(intolerantlik) holatlari, shuningdek, ichak mikrobiomasida disbioz o‘zgarishlari umuman kuzatilmadi.

Nefrosten fitopreparatining bolalar urologik amaliyotida surunkali piyelonefritning qaytalanish xavfini ishonchli kamaytirishda, yashirin yallig‘lanish o‘choqlarini sanatsiya qilishda va buyrak funksional zaxiralarini xavfsiz tiklashda yuqori samarali ekanligi klinik-laborator va statistik jihatdan to‘liq tasdiqlandi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Surunkali piyelonefrit (SP) bilan og‘rigan bolalarda buyrakning funksional holatini baholash va samarali antiretsidiv metofilaktika usullarini ishlab chiqish zamonaviy pediatrik nefrologiyaning eng dolzarb muammolaridan biri bo‘lib qolmoqda. Bizning tadqiqotimiz natijalari shuni ko‘rsatdiki, SP ning klinik-anatomik shakliga qarab buyrak parsial funksiyalarining buzilishi turlicha xarakterga ega. Xususan, obstruktiv va aralash shakllarda klyubochka filtratsiyasi tezligining (KFT) pasayishi etiopatogenezda gidrodinamik bosimning yuqoriligi va intraluminal retensiyaning yetakchi rol o‘ynashidan dalolat beradi. Aksincha, dismetabolik piyelonefritda filtratsiya jarayonlarining nisbatan saqlanishi fonida tubulointerstitsial to‘qimaning transport mexanizmlarida chuqur disbalans (kaltsiy va fosfatlar ekskretsiyalanuvchi fraksiyalarining keskin ortishi) kuzatildi.

Dismetabolik SP da aniqlangan yuqori kaltsiyuriya (EF_{Ca} = 3,6 ±0,25\%) va fosfaturiya (EF_{P} = 14,1 ±1,2\%) membranoliz va tubular epiteliyning distrofik o‘zgarishlari natijasidir. Siydik drayverlarining bunday disbalansi mikrokristallizatsiyani jadallashtiradi, bu esa o‘z navbatida buyrak interstitsiysida bakterial infeksiyaning fiksatsiyasi va persistensiyasi uchun qulay zamin (matritsa) yaratadi. Ushbu patologik zanjirni uzishda uzoq muddatli metofilaktika maqsadida Nefrosten fitopreparatining qo‘llanilishi yuqori klinik va laborator samaradorlikni ko‘rsatdi. Davolashdan so‘ng bemorlarning 89,3% qismida barqaror klinik-laborator va bakterial remissiyaga erishilganligi ushbu fitokompleksning ko‘p komponentli farmakologik ta’siri bilan izohlanadi:

Antimikrob va sanatsiya qiluvchi ta’sir: Nefrosten tarkibidagi dorivor lyubistok (*Levisticum officinale*) va tillaenzor (*Centaurium erythraea*) tarkibidagi fenolkarbon kislotalari hamda sekoiridoidlar uropatogenlarning (asosan *E. coli*) sitoplazmatik membranasini parchalash orqali to‘g‘ridan-to‘g‘ri bakteriostatik effekt beradi. Siydik ekmasida patogenlar titrining 10^5 KOYe/ml dan yuqori bo‘lgan ko‘rsatkichdan atigi 10,7% gacha kamayishi ushbu sanatsiyalash drayverini tasdiqlaydi.

Yallig‘lanishga qarshi va spazmolitik samura: Dorivor rozmarin (*Rosmarinus officinalis*) tarkibidagi rozmarin kislotasi kuchli antioksidant va lipooksigenaza/siklooksigenaza ingibitori hisoblanib, interstitsial to‘qimadagi yallig‘lanish kaskadini bloklaydi. Bu esa leykotsituriyaning (14500±1200 dan 1800

ISSN 3030-3907

±250 gacha, p<0,01) keskin kamayishi va dizurik sindromning qisqa muddatda (4-sutka) barham topishida namoyon bo‘ldi.

Diuretik va litolitik (metabolik) ta’sir: Efir moylari va ftalidlar buyrak qon tomirlarini kengaytirib, buyrak ichki gemodinamikasini yaxshilaydi. Bu jarayon bizning tadqiqotimizda KFT ning 82,9 ±4,1 dan 95,4 ±3,6 ml/min gacha (p<0,05) ortishi va kanalchalar reabsorbsiyasining tiklanishi bilan tasdiqlandi. Shuningdek, dori ta’sirida siydik pH muhitining optimallashuvi metabolik kristalluriyani 78,5% dan 14,3% gacha kamaytirdi, bu esa to‘g‘ridan-to‘g‘ri metofilaktik samara hisoblanadi. Zamonaviy adabiyot ma’lumotlari bilan qiyoslaganda (masalan, Yevropa Urologlar Assotsiatsiyasi (EAU) va xalqaro pediatrik nefrologiya tadqiqotlari), surunkali piyelonefrit metofilaktikasida antibakterial preparatlarni uzoq muddat qo‘llash ichak va siydik yo‘llari mikrobiomasining disbioziga hamda shtammlarning rezistentligiga olib keladi. Bizning tadqiqotimizda esa, sinov guruhidagi bolalarda (n=28) dori qabul qilish davomida hech qanday toksik-allergik, dispeptik reaksiyalar yoki disbakterioz holatlari kuzatilmadi. Nefrosten dori vositasining siydik yo‘llarini mexanik yuvib chiqish (diuretik), infeksiyani neytrallash (antiseptik) va siydik kolloid holatini barqarorlashtirish (antidismetabolik) xususiyatlari uni bolalarda SP qaytalanishining oldini olishda xavfsiz va samarali muolaja standarti sifatida tavsiya etishga to‘liq asos bo‘ladi.

XULOSA.

1. Surunkali piyelonefrit bilan og‘rigan bolalarda buyrak parsial funksiyalarining buzilishi patologik jarayonning klinik-anatomik shakliga uzviy bog‘liqdir. Obstruktiv va aralash shakllarda klyubochka filtratsiyasi tezligi (84,2 ±3,9 va 81,5 ±4,2 ml/min) hamda kanalchalar reabsorbsiyasining pasayishi yetakchi o‘rinni egallasa, dismetabolik shaklda filtratsiya saqlangan holda tubulointerstitsial tizimda chuqur mineral disbalans — yaqqol kaltsiyuriya (EF_{Ca} = 3,6 ±0,25\%) va fosfaturiya (EF_P = 14,1 ±1,2\%) kuzatiladi.

2. Nefrosten fitopreparati bilan o‘tkazilgan uzoq muddatli metofilaktika kursi surunkali piyelonefrit fonida yuqori klinik-laborator samaradorlikni namoyon etdi va bemor bolalarning 89,3% qismida barqaror terapevtik va bakterial remissiyaga erishishni ta’minladi. Preparat ta’sirida siydik sedimentining sanatsiyasi tezlashib, sutkalik leykotsituriya miqdori 14500 ±1200 dan 1800 ±250 gacha (p < 0,01) ishonchli ravishda kamaydi.

3. Nefrosten fitokompleksining multidirektiv farmakologik ta’siri buyrak ichki gemodinamikasi va parsial funksiyalarini tiklash imkonini beradi: koptokcha filtratsiyasi tezligi o‘rtacha 82,9 ±4,1 dan 95,4 ±3,6 ml/min gacha (p < 0,05) ko‘tarildi. Shuning bilan birga, siydikning pH muhitini optimallashtirish orqali metabolik kristalluriya ko‘rsatkichi 78,5\% dan 14,3\% gacha (p < 0,01) kamaydi va buyrak interstitsiysida to‘qimali mikrokristallizatsiya xavfi bartaraf etildi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Tuksanova Z.I. Bolalarda surunkali piyelonefritning retsidivlanish xavf omillari va ularni korreksiyalash usullari // Doktor axborotnomasi. – Samarqand, 2023. – №2. – B. 88-92.
2. Axmedov Y.A., Rasulov S.K. Surunkali urogenital infeksiyalarni davolashda zamonaviy fitoterapiyaning o‘rni // O‘zbekiston urologiyasi. – Toshkent, 2025. – №4. – B. 12-17.
3. Hogan J., Fischer D.C. Dynamic evaluation of glomerular and tubular functions in chronic kidney diseases in children // Pediatric Nephrology. – 2023. – Vol. 38, №6. – P. 1745-1753.
4. Vyalkova A.A., Zorin I.V. Modern approaches to the metaphylaxis of dysmetabolic nephropathy and urolithiasis in children // Nephrology (Saint-Petersburg). – 2022. – Vol. 26, №2. – P. 41-49.
5. Ivanov V.V., Petrova E.L. Efficacy of herbal medicine complexes containing Rosmarinus officinalis and Centaurium erythraea in pediatric urology // Journal of Pediatric Nephrology. – 2023. – Vol. 11, №2. – P. 78-84.
6. Maltsev S.V., Arkhipova N.N. Metabolic disorders and tubulointerstitial changes in pediatric chronic pyelonephritis // Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii. – 2022. – Vol. 67, №4. – P. 89-95.
7. Chesney R.M., Jones D.P. Renal tubular transport and metabolic bone disease in pediatric nephrology practice // Pediatric Clinics of North America. – 2022. – Vol. 69, №5. – P. 913-927.
8. Naber K.G., Alidjanov J.F. Phytotherapy in the management of lower urinary tract infections and metaphylaxis // European Urology Supplements. – 2021. – Vol. 20, №3. – P. 45-51.
9. Wagenlehner F.M., Bschleipfer T. Herbal therapy in urinary tract infections: A scientific review of clinical trials // World Journal of Urology. – 2023. – Vol. 41, №8. – P. 2105-2114.
10. Flores-Mireles A.L., Walker J.N., Caparon M., Hultgren S.J. Urinary tract infections: epidemiology, mechanisms of infection and treatment options // Nature Reviews Microbiology. – 2021. – Vol. 13, №5. – P. 269-284.
11. Djalolov A.M., Yunusov A.A. Bolalar urologik amaliyotida obstruktiv uropatiyalar va asoratlarni prognozlash mezonlari // Central Asian Journal of Medical and Natural Sciences. – 2024. – Vol. 5, №2. – P. 220-226.
12. European Association of Urology (EAU). Guidelines on Paediatric Urology // EAU Guidelines Office. – Arnhem, The Netherlands, 2025. – P. 74-82.

ISSN 3030-3907

KONCHILIK SANOAT KORXONALARINING ELEKTR TARMOQLARIDA ELEKTR ENERGIYASI SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Fayziyev Sherzod Shuxrat o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, assistent;
E-mail: sherikfayz@gmail.com
Majidov Ahror Umatulla o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, assistant
E-mail: majidov_a@list.ru
Muxammadov Bobur Quvondiq o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, assistent
E-mail: muxammadov.bobur@mail.ru

Annotatsiya. Mazkur maqolada konchilik sanoati elektr taqsimlash tarmoqlarida elektr energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish masalasi sun’iy neyron tarmoqlari asosida tahlil etilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi taqsimlash elektr tarmog‘ining barqaror rejim parametrlarini tezkor aniqlash hamda aktiv quvvat yo‘qotishlarini kamaytirishga yo‘naltirilgan o‘rgatilgan oldinga yo‘naltirilgan neyron tarmoq (FFN) modelini ishlab chiqishdan iborat. Olingan natijalar neyron tarmoqlar yordamida elektr energiyasi yo‘qotishlarini operativ baholash va energiya samaradorligini oshirish mumkinligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: energiya sarfi, me’yor, indvidual, elektr energiyasi, seh normasi, sanoat korxonalari, energiya samaradorligi, mahsulot, texnologik jarayon, norma, solishtirma sarfi

Аннотация. В данной статье на основе искусственных нейронных сетей проведён анализ повышения эффективности использования электрической энергии в распределительных электрических сетях горнодобывающей промышленности. Научная новизна исследования заключается в разработке обученной модели нейронной сети прямого распространения (Feedforward Neural Network, FFN), предназначенной для оперативного определения параметров установившегося режима распределительной электрической сети и снижения потерь активной мощности. Полученные результаты показали, что применение нейронных сетей позволяет выполнять оперативную оценку потерь электрической энергии и повышать энергоэффективность электрических сетей.

Ключевые слова: энергопотребление, норматив, индивидуальный, электроэнергия, цеховой норматив, промышленные предприятия, энергоэффективность, продукция, технологический процесс, норматив, удельный расход.

Abstract. This article analyzes the issue of improving the efficiency of electrical energy utilization in mining industry power distribution networks based on artificial neural networks. The scientific novelty of the study lies in the development of a trained Feedforward Neural Network (FFN) model aimed at the rapid determination of steady-state operating parameters of a power distribution network and the reduction of active power losses. The obtained results demonstrate that neural networks can be effectively used for the real-time assessment of electrical energy losses and for enhancing the energy efficiency of power distribution systems.

Keywords: energy consumption, standard, individual, electrical energy, workshop standard, industrial enterprises, energy efficiency, production, technological process, standard, specific consumption.

KIRISH.

Ma’lumki, fizik qonunlarga ko‘ra, energiya bordan yoq bo‘lmaydi va yo‘qdan bor bo‘lmaydi, faqat o‘z shakli va turini o‘zgartiradi. Shu kabi elektr energiyasi ham bir nechta energiya evaziga bizgacha yetib keladi. Shu bois, elektr energiyasidan samarali va tejamkor foydalanish bugungi kun talabi bo‘lib, jamiyat va sanoat uchun muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda, honadonlarda isitish asboblari va ishlatilmayotgan yoritish chiroqlarini o‘chirish, ish joylari yoki ishlab chiqarish korxonalarida keraksiz elektr jihozlarini o‘chirish orqali tejamkorlikka erishish mumkin. Ishxona, ofis, korxonalarda isitish asboblaridan oqilona foydalanish – energiya samaradorligining muhim ko‘rsatkichlaridan biridir.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYASI. Ma’lumki, fizik qonunlarga ko‘ra, energiya bordan yoq bo‘lmaydi va yo‘qdan bor bo‘lmaydi, faqat o‘z shakli va turini o‘zgartiradi. Shu kabi elektr energiyasi ham bir nechta energiya evaziga bizgacha yetib keladi. Shu bois, elektr energiyasidan samarali va tejamkor foydalanish bugungi kun talabi bo‘lib, jamiyat va sanoat uchun muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda, honadonlarda isitish asboblari va ishlatilmayotgan yoritish chiroqlarini o‘chirish, ish joylari yoki ishlab chiqarish korxonalarida keraksiz elektr jihozlarini o‘chirish orqali tejamkorlikka erishish mumkin. Ishxona, ofis, korxonalarda isitish asboblaridan oqilona foydalanish – energiya samaradorligining muhim ko‘rsatkichlaridan biridir.

Ma’lumki, sanoat korxonalarida elektr energiyasi iste‘moli bir tekis emas, ya’ni texnologik jarayonga va mahsulot ishlab chiqarishga bo‘lgan talabga qarab doimiy o‘zgarib turadi. Bu o‘zgarishlar va turli faktorlardan kelib chiqadigan farqlarni hisobga olish, energiya iste’moli me’yorlarini aniqlashda hisob aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

ISSN 3030-3907

Ushbu tadqiqotning maqsadi – konchilik sanoati va elektr taqsimlash tarmoqlarida energiya samaradorligini oshirish yo‘llarini sun’iy neyron tarmoqlari yordamida o‘rganish, shuningdek, elektr energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirishga qaratilgan modellarni ishlab chiqishdir. Tadqiqotda olingan natijalar neyron tarmoqlar yordamida elektr energiyasi yo‘qotishlarini operativ baholash va energiya samaradorligini oshirish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Me’yorlash strukturasining ikkinchi pog‘onasida korxona bo‘yicha sex iste’mol qilayotgan elektr energiyasi iste’moli me‘yorlash masalalari ko‘rib chiqiladi va bu yerda asosiy urg‘u texnologik ehtiyojlar bilan bir qatorda sexning o‘z ehtiyojlari uchun iste’mol qilinayotgan elektr energiya miqdoriga beriladi. Aynan shu pog‘onada ishlab chiqilayotgan mahsulot bo‘yicha sex normalari o‘rnatiladi va u quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi [1]:

$$d_{seh} = \left(w_{seh} + w_{yon} + w_{ven} + w_{yord}\right) / A_{seh} \qquad (1)$$

Bu yerda: w_{seh} – texnologik ehtiyojlar uchun sarf bo‘ladigan elektr energiya, kVt·soat;

w_{yon} – yoritish uchun sarf bo‘lgan elektr energiya, kVt·soat;

w_{seh} – sehning vintelyatsiya qurilmalari uchun sarf bo‘lgan elektr energiya, kVt·soat;

w_{yord} – yordamchi ehtiyojlari uchun sarf bo‘lgan elektr energiya, kVt·soat;

A_{seh} – ishlab chiqarilayotgan maxsulot hajmi.

Umuman olganda energiya resurslari sarfining me'yori quyidagilardan tashkil topadi:

– yordamchi protses uchun sarflar – texnologik liniyalardagi elektr energiya sarflari;

– qurilmalardagi elektr energiya isroflari;

– texnologik jarayonlar uchun elektr energiya sarfi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI: Taqsimlovchi elektr tarmoqlarining samaradorligini baholash usuli.

Energiya samaradorligi ko‘rsatkichiga mos keladigan transformatorning energiya energiya tejamkor yuklamasini (STET) quyidagi ifoda yordamida topish mumkin:

$$S_{TET} = S_{nom}\sqrt{\frac{\Delta P_{salt.ish}}{\Delta P_{q.t}}} \qquad (2)$$

Bu yerda: S_{nom} – transformatorning nominal to‘la quvvati, kVA;

$\Delta P_{salt.ish}$ – salt ishlash aktiv quvvat yo‘qotishlari, kVt;

$\Delta P_{q.t}$ – qisqa tutashuv vaqtidagi aktiv quvvat yo‘qotishlari, kVt;

ISSN 3030-3907

Transformatorning energiya tejamkor yuklamasi va transformatorning nominal to‘la quvvatining nisbati energiya samaradorligi ko‘rsatkichiga mos keladigan $k_{yuk}^{e.s}$transformatorning yuklanish koeffisientini aniqlaymiz:

$$k_{yuk}^{e.s} = \sqrt{\frac{S_{TET}}{S_{nom}}} \qquad (3)$$

2 va 3 ifoda orqali bitta transformator uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffisientini topamiz:

$$k_{yuk}^{e.s} = \sqrt{\frac{\Delta P_{salt.ish}}{\Delta P_{q.t}}} \qquad (4)$$

Agar sanoat korxonasining elektr ta’minoti tizimida bir nechta kuch transformatori mavjud bo‘lsa, transformator uchun maksimal samaradorlikka mos keladigan yuklanish koeffisienti quyidagicha aniqlanadi:

$$k_{yuk.TT}^{e.s} = \frac{\sum_{i=1}^{n} k_{yuk}^{e.s} S_{nom.i}}{\sum_{i=1}^{n} S_{nom.i}} \qquad (5)$$

TT ning yuklanish koeffisienti haqiqiy qiymati bosh tugundagi umumiy quvvati va transformatorlarning nominal quvvati nisbati bilan belgilanadi:

$$k_{yuk}^{TT} = \frac{S_{bt}}{S\sum nom} = \frac{S_{bt}}{\sum_{i=1}^{n} S_{nom.i}} \qquad (6)$$

Bu yerda: S_{bt}–TT ning bosh tugundagi umumiy to‘la quvvati;

$S\sum nom$ – TT transformatorlarining umumiy o‘rnatilgan to‘lam quvvati.

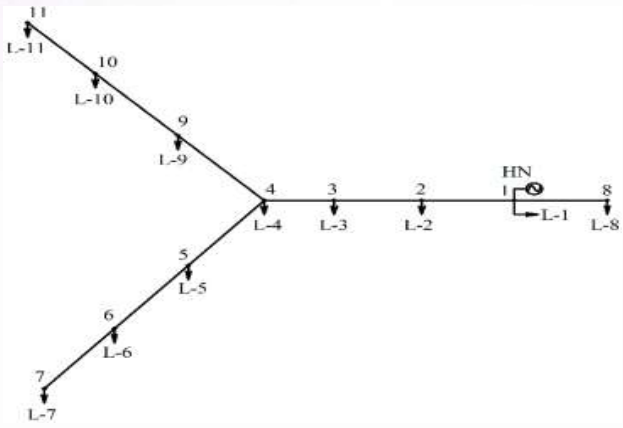
Yuklanish koeffisientining haqiqiy qiymatlarini maksimal samaradorlikka mos keladigan koeffisient bilan taqqoslash orqali elektr ta’minoti tizimlarining samaradorligini nazorat qilish mumkin bo‘ladi.

Tadqiqot olib borilayotgan taqsimlash tarmoqlarining simulyatsiya (modellash) modellarini yaratishda eng muhim vazifa – tizimning asosiy xususiyatlarini saqlagan holda qabul qilingan taxminlar va adekvatlik tamoyiliga rioya qilgan holda, zarur aniqlik hamda tizim murakkabligi o‘rtasida muvozanatni ta’minlashdir.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – o‘rgatilgan va sozlangan sun’iy neyron tarmog‘idan foydalanib, taqsimlash elektr tarmog‘ining barqaror rejim parametrlarini hisoblash imkoniyatini namoyish etishdir.

Sinov modeli sifatida 11 tugundan iborat taqsimlash tarmog‘i qo‘llanildi. 1–tugun bosh tugun sifatida qabul qilindi.

ISSN 3030-3907



1-Rasm. Elektr taqsimlash tarmog‘ining sinov sxemasi.

Tugunlar va shaxobchalar bo‘yicha sxemaga oid ma’lumotlar quyidagi 1-va 2- jadvallarda keltirilgan.

1-Jadval

Tugun ma’lumotlari

tugun	tugun turi	P_{max}, kVt	Q_{max}, kVAR	U, kV
1	G	900	470	10
2	L	740	370	10
3	L	680	360	10
4	L	580	400	10
5	L	580	230	10
6	L	720	310	10
7	L	870	400	10
8	L	1240	520	10
9	L	750	340	10
10	L	350	200	10
11	L	400	170	10

2-Jadval

Shaxobcha ma’lumotlari

dan	gacha	R, Om	X, Om
1	8	0.0558	0.0477
1	2	0.0495	0.0525
2	3	0.066	0.07
3	4	0.0082	0.00875
4	9	0.033	0.035
4	5	0.0825	0.0875
9	10	0.0115	0.01225
10	11	0.0495	0.0525

ISSN 3030-3907

5	6	0.033	0.035
6	7	0.0247	0.02625

Bu holda birinchi jadvalda yuklama quvvatlarining maksimal qiymatlari keltirilgan. Neyron tarmoqning dastlabki tanlanmasini shakllantirish uchun ushbu yuklama quvvatlari qiymatlari 20% dan 100% gacha bo‘lgan oraliqda o‘zgartirildi. Bundan tashqari, bosh tugun kuchlanishi ham nominal kuchlanishning –5% dan +10% gacha bo‘lgan oraliqda o‘zgarib turdi.

Ushbu tadqiqotda oddiy oldinga yo‘naltirilgan neyron tarmoq (feed-forward neural network) va kaskadli oldinga yo‘naltirilgan neyron tarmoq qo‘llanildi. Oldinga yo‘naltirilgan neyron tarmoq (FFN), ko‘p qatlamli (MLP) deb ham yuritiladi, mashinaviy o‘rganishda keng qo‘llaniladigan sun’iy neyron tarmog‘i arxitekturasidir. Bu neyron tarmoqlarning eng oddiy va eng keng tarqalgan turlaridan biridir. “Feed-forward” atamasi tarmoqdagi axborot oqimining yo‘nalishini anglatadi, ya’ni kirish ma’lumotlari hech qanday qaytuvchi aloqalarsiz yoki konturlarsiz tarmoq qatlamlari bo‘ylab oldinga qarab qayta ishlanadi. Tarmoq kirish qatlami, bir yoki bir nechta yashirin qatlamlar va chiqish qatlamidan tashkil topgan.

Mamlakatmizning konchilik sanoati sohasida konveyerlar juda keng miqyosda qo‘llaniladi. Konveyer transportlari uzluksiz ravishda yuk tashish transportin hisoblanib, ular vositasida yuklarni ko‘chirish juda katta samaradorlikka erishish imkonini beradi. Konveyer transporti dastlabki o‘rnatish harajatlari katta bo‘lishini inobatga olmaganda, eksplutatsiya jarayonida kam harajat evaziga katta hajmdagi yuklarni tashish imkonini beradi. Konveyer transporti ishlab chiqarish tarmog‘i va konchilik sanoatida juda keng miqyosda qo‘llaniladi. Konveyer transportining qo‘llash sohasi va uzunligi ham juda keng miqyosda bo‘ladi. Konveyerlarni kichik uzunlikdan juda katta uzunlikkagacha bo‘lgan masofalarda birday samarali ishlatish mumkin. Shuningdek konveyerlarning bir qancha turlari mavjud bo‘lib, bularga tasmali konveyerlar, kurakli konveyerlar, plastinkali konveyerlarni misol tariqasida keltirishimiz mumkin. Bu turdagi konveyerlar ishlab chiqarish va kon sanoatining turli xil sharoitlarida ham konveyer transportini qo‘llashning samarador ekanligini yana bir bor isbotlaydi. Ishlab chiqarish va sanoat korxonalarida asosan tasmali konveyerlar keng miqyosda foydalaniladi. Tasmali konveyerlarning foydali ish darajasi va konstruksiyasi jihatdan boshqa tur konveyer transportlaridan samarali hisoblanadi. Tasmali konveyerlarning elektr yuritgichi sifatida asosan asinxron turdagi elektr mashinalar qo‘llaniladi [5].

Temperatura elektr yuritmani ishlash davomiyligini kamaytirib, chulg‘am izolyatsiyasiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Elektr yuritmalarining ish jarayonida energiyaning bir qismi ulardagi isroflami qoplashga sarflanadi. Energiya

ISSN 3030-3907

isroflarining barcha turlari issiqlikka aylanib, asosan elektr yuritmalarining aktiv qismlari temperaturasini oshirsa, uning bir qismi esa atrof muhitga uzatiladi.

Elektr yuritmalarining chulg‘amlari magnit o‘tkazgich elementlari va konstruktiv detallar majmuasidan iborat. Bu qismlarning issiqlik o‘tkazuvchanligi, issiqlik sig‘imi va sovitilish sharoitlari har xil bo‘ladi. Bu esa, elektr yuritmalarini issiqlik maydoni taqsimlanishining murakkab xarakterda ekanligini ko‘rsatadi.

Sanoat korxonalarining energiya samaradorligini oshirish metodologiyasi[6].

1- bosqich. Energiya resurslari iste’moli anomal yuqori bo‘lgan korxonalarni aniqlash.

Interval baholash – bu energiya iste’moli ruxsat etilgan oraliqqa tushmaydigan korxonalarni aniqlash jarayonidir. Bunda energiya iste’mollari bo‘yicha ma’lumotlarni tartiblash yo‘li orqali ruxsat etilgan oraliq topiladi. Baholash natijasida tezkor energetika tekshiruvlarini o‘tkazish uchun korxonalar ro‘yxati aniqlanadi.

2- bosqich. Aniqlangan korxonalarda tezkor energetika tekshiruvlarini o‘tkazish

Tezkor energetika tekshiruvi korxonaning haqiqiy energiya iste’moli, yoqilg‘i-energetika resurslarini ortiqcha sarf etilishi sabablari, energiyani tejash salohiyatini aniqlash, shuningdek energiyani tejashga doir asosiy chora-tadbirlarni ishlab chiqish va energiya iste’moliga bo‘ladigan sarf xarajatlarni kamaytirish imkoniyatlarini beradi.

3- bosqich. Aniqlangan korxonalarda investitsion energetika tekshiruvlarini o‘tkazish

Investitsion energetika tekshiruvi – bu energiya samaradorligining texnik xususiyatlarini chuqurroq tahlil etadi va energiya tejamkor chora-tadbirlarga sarmoya kiritish imkoniyatlarini ko‘rib chiqadi. Investitsion energetika tekshiruvi davomida quyidagi faktorlar tahlil etilishi lozim: qurilmalarning murakkablik darajasi; xodimlarning qurilmalardan samarali foydalanish imkoniyatlari; elektromexanik qurilmalarning holati; ta’mirlashga va almashtirishga ketadigan xarajatlar va h.k. Investitsion energetika tekshiruvi doirasida asosiy faktorlar tahlili bilan birga ularning xavf darajasi va qo‘shimcha xarajatlari baholanishi lozim. Bu xavflar barcha energetika loyihalarning moliyaviy tarkibida e’tiborga olinishi kerak.

4- bosqich. Aniqlangan korxonalarda energiya samaradorligi loyihasini amalga oshirish

Namunaviy energiya samarador chora-tadbirlar:

Reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalarni o‘rnatish;

– Eskirgan transformatorlarni zamonaviy turdagisiga almashtirish;

ISSN 3030-3907

– O‘zgaruvchan yuklama bilan ishlaydigan ob'ektlar(nasos stansiyalari va h.k.) elektr dvigatellari yuritmalarida chastotaviy rostlash qurilmalaridan foydalanish;
– Elektr energiyasi iste’molini monitoring qilish tizimlarini joriy qilish;
– Mavjud yoritish tizimini energiya samarador turiga almashtirish;
– Bino va inshoatlarni ochiq ranglarga bo‘yash, qo‘shimcha elektr qurilmalardan foydalanishni kamaytirish va h.k.

5- bosqich. Energiya samaradorligi loyihasini bajarilish monitoring va nazorati

Loyihani muvaffaqiyatli yakunlanishining asosiy omili – bu uning uzluksiz tarzda nazorat va monitoring qilinishidir.

Monitoring va nazorat qilish amalga oshirilgan chora-tadbirlarning samarasini baholash imkonini yaratadi, ya’ni energiya iste’moli amalga oshirilgan chora-tarbirdan so‘ng qanchalik kamayganligini baholab beradi.

XULOSA.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, sun’iy neyron tarmoqlaridan foydalanish taqsimlash elektr tarmoqlarining barqaror rejimlarini o‘rganish imkonini beradi. Shu bilan birga, FFN turidagi neyron tarmoqdan foydalanish barqaror rejim parametrlarini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi ($MSE_{FFN} = 1{,}84 \cdot 10^{-5}$). Ushbu holat FFN turidagi neyron tarmoqlarni dispetcherlik operativ boshqaruvi amaliyotida “ekspress” usul sifatida qo‘llash imkonini beradi, chunki u elektr tarmoqlarining rejim parametr qiymatlarini aniqlash imkonini beradi.

Neyron tarmoqlardan foydalanishning kamchiligi sifatida dastlabki tanlanmani shakllantirish zarurati ta’kidlanishi lozim, ya’ni tadqiqotchi tarmoq topologiyasi, yuk tugunlari quvvatining o‘zgarish chegaralari va boshqa ma’lumotlarga ega bo‘lishi kerak. Bundan tashqari, tarmoq topologiyasidagi o‘zgarish tanlanmani qayta shakllantirish va neyron tarmoqning gipermetrlarini sozlashni talab qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mirzaraximov.S.H Elektr energiyasi tejamkorligi // Academic Research in Educational Sciences Volume 4. Issue 1 2023. ISSN: 2181-1385. pp. 106-110.
2. Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog‘ayev I.B. The equation of motion of subgarmonic fluctuations in three-phase chains with three-phase ferromagnetic elements. International Journal of Advanced Studies in science, technology and technology. -India, copyright to the IJARSET volume 6. No. 10. October 2019. pp. 11207-11210.
3. Tovboyev A.N, Tog‘ayev I.B, Nodirov G‘.Y. Statistical analysis of power waste in 6-10 kV tension overhead electrical transmission lines // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. – India, volume 9. No. 11. November 2022. pp. 2-7.

ISSN 3030-3907

4. Raxmonov I.U., Reymov K.M., Niyozov N.N., Najimova A.M., Maxmutxonov S.K. Elektr ta’minoti tizimida energiya tejamkorligi. Darslik // “O‘zbekiston xalqaro Islom akademiyasi” nashriyot-manba birlashmasi. Toshkent, 2020. 39-40 betlar.
5. Shodiyev O.A., Yuldashev E.U., Uralov J.T., No‘monov A.B. Konveyr transportining energiya samaradorligini oshirish usullari va texnik yechimlarini ishlab chiqish. «Academic Research in Educational Sciences». Vol. 4. February, 2023, pp 285-291.
6. SKB Energy Company // Sanoat korxonalarining energiya samaradorligini oshirish metodologiyasi. https://skb.uz/sites/PEPP/index_uzb.html.

ISSN 3030-3907

TECHNOLOGIES FOR EMOTION RECOGNITION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Xudoyorov Shaxriyor
Termez University of Economics and Service, Information Systems and Technologies Department, student
E-mail: xudoyorovshaxriyor57@gmail.com
Ernazarov Mirzohid
Scientific supervisor
Orcid: 0000-0000-0000-0000

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada sun'iy intellekt (SI) tizimlarining inson hissiyotlarini aniqlash va tahlil qilish imkoniyatlari, ya'ni "Affektiv hisoblash" sohasidagi zamonaviy texnologik yutuqlar tahlil qilinadi. Maqolada yuz ifodalari, nutq intonatsiyasi, matn mazmuni va fiziologik ko‘rsatkichlar orqali hissiyotlarni tasniflash algoritmlari, chuqur o‘qitish va konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) ning roli ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotda hissiyotlarni aniqlash texnologiyalarining iqtisodiyot, tibbiyot, ta'lim va xavfsizlikdagi amaliy ahamiyati, shuningdek etik va ma'lumotlar maxfiyligi muammolari o‘rganiladi.

Kalit so‘zlar: sun'iy intellekt, affektiv hisoblash, hissiyotlarni aniqlash, neyron tarmoqlar, chuqur o‘qitish, yuz ifodalari tahlili, nutqni qayta ishlash, multimodal tizimlar, mashinali o‘qitish, biometriya.

Abstract. This scientific article examines the capabilities of Artificial Intelligence (AI) systems in detecting and analyzing human emotions, namely modern technological advancements in the field of "Affective Computing." The article analyzes algorithms for classifying emotions through facial expressions, speech intonation, text content, and physiological indicators, with particular attention to the role of Deep Learning and Convolutional Neural Networks (CNN). The research explores the practical significance of emotion recognition technologies in economics, medicine, education, and security, as well as the ethical and data-privacy issues that arise in this process.

Keywords: Artificial Intelligence, Affective Computing, emotion recognition, neural networks, deep learning, facial expression analysis, speech processing, multimodal systems, machine learning, biometrics.

Аннотация. В данной научной статье анализируются возможности систем искусственного интеллекта (ИИ) в распознавании и анализе человеческих эмоций, то есть современные технологические достижения в области «аффективных вычислений». В статье рассматриваются алгоритмы классификации эмоций по выражению лица, интонации речи, содержанию текста и физиологическим показателям, а также роль глубокого обучения и свёрточных нейронных сетей (CNN). Исследуется практическое значение

технологий распознавания эмоций в экономике, медицине, образовании и сфере безопасности, а также этические проблемы и вопросы конфиденциальности данных.

Ключевые слова: искусственный интеллект, аффективные вычисления, распознавание эмоций, нейронные сети, глубокое обучение, анализ выражения лица, обработка речи, мультимодальные системы, машинное обучение, биометрия.

INTRODUCTION.

Today, artificial intelligence technologies are rapidly penetrating every sphere of human life. As a result of advances in machine learning and neural networks, computers are achieving significant results not only in logical tasks but also in understanding the complex psychological states of human beings. This field, known as Affective Computing, is one of the most promising directions of artificial intelligence, enabling machines to sense, interpret, and respond appropriately to human emotions [1]. The relevance of this technology lies in the fact that when people communicate with each other, they transmit a large part of information through non-verbal channels, including facial expressions, body language, voice tone, and eye contact. Therefore, in order to make Human-Computer Interaction (HCI) more natural and effective, AI systems must be able to read these signals.

Emotion AI technologies are not only a technological novelty but also an important tool for solving socio-economic problems. For example, in medicine they help with the early detection of signs of depression or autism; in education they help to assess students' level of mastery of lessons through their emotions of interest and boredom; and in marketing they provide unparalleled help in analyzing consumers' true attitudes toward products [14]. However, human emotions are extremely complex and subjective in nature. The same facial expression may mean different things in different cultures or contexts. Therefore, increasing the accuracy of AI in emotion recognition remains one of the most pressing scientific problems today.

The purpose of this article is to systematize the current state of emotion recognition technologies, to explain their working mechanisms, and to show the role of this direction in the development of information systems in the context of Uzbekistan [11]. The research also scientifically justifies the advantages of biometric and multimodal approaches used in emotion recognition. This article is devoted to a wide-ranging analysis of the technical foundations of emotion recognition, the algorithms used, and the existing obstacles in this field.

LITERATURE REVIEW.

Scientific discussions on emotion recognition technologies are mainly conducted in two directions: psychological modeling and technical

ISSN 3030-3907

algorithmization. From the psychological point of view, researchers mainly rely on the "six basic emotions" model (joy, anger, fear, disgust, sadness, surprise) proposed by Paul Ekman [2]. However, modern AI systems consider this model insufficient, because human emotions do not always fit into these six categories. Russell's "valence-arousal" model is being discussed as more suitable for technical systems, since it allows emotions to be viewed as a continuous spectrum, which is convenient for regression analysis in neural networks [10].

From a technical point of view, Convolutional Neural Networks (CNN) play a leading role in Facial Expression Recognition (FER) [4, 16]. However, the main problem being discussed is the quality and diversity of datasets. Many popular datasets are obtained in laboratory conditions and do not take into account factors such as real-life lighting levels, the angle of the face, and obstructions such as glasses or masks. This causes a model that has shown high accuracy in the laboratory to drop significantly in real practice [13]. Similarly, in Speech Emotion Recognition (SER), in addition to tone and tempo, there is a need to also consider the linguistic content of the speech [7].

The methodological basis of this research is the analysis and systematization of scientific literature, a comparative approach to existing emotion-recognition methods, and the generalization of practical application cases. The study relies on foundational works in affective computing [1, 15], surveys of facial-affect analysis [6], and research on multimodal approaches [9]. Research shows that recognizing emotion through only one channel increases the probability of error; therefore the multimodal approach — combining facial expression, speech, text, and physiological signals — is examined as the most reliable method [9, 17].

RESULTS.

Technological stages of emotion recognition. The process of recognizing emotions using artificial intelligence usually consists of four main stages: data acquisition (raw data obtained through cameras, microphones, or sensors); pre-processing (noise removal, image normalization, face detection, and centering); feature extraction (extracting key facial points, voice frequencies, and key words from text); and classification (using machine learning algorithms such as SVM, Random Forest, or Deep Learning to assign the extracted features to a specific emotion category) [3].

Analyzing emotions through facial expressions (FER). The human face is the richest source of emotions. Modern FER systems analyze small muscle movements called "Action Units." CNN models automatically detect these action units by studying the relationships between pixels in an image. Deep architectures such as VGG-16, ResNet, and Inception can detect even the most subtle changes in the face [16]. However, there is a problem of "cultural characteristics" in face

ISSN 3030-3907

recognition: in some cultures, people tend to hide their emotions with a more serious facial expression, which can lead the AI to draw incorrect conclusions.

Speech and voice analysis (SER). In recognizing emotions through speech, the acoustic features of the voice play an important role, including the fundamental frequency (pitch), intensity, speech rate, and spectral features. Typically, in anger the volume and frequency of the voice rise sharply, while in sadness the speech slows down and becomes monotonous. In modern systems, Recurrent Neural Networks (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) networks are used, since they are specialized for analyzing audio signals that change over time. In recent years, the Transformers architecture has shown revolutionary results in this field [5, 7].

Natural Language Processing and text-based sentiment analysis. Text analysis is very important in social media comments, e-mails, and customer communications. Here, the AI must understand not only the words in the dictionary but also the context of the sentence. Models such as BERT solve such complexities by learning the bidirectional context of the sentence [8]. Multilingual word-vector models extend these capabilities to many languages [18].

Multimodal and physiological approaches. The highest peak of emotion recognition is multimodal systems. A person may control their facial expression, but it is difficult to deceive their physiological indicators such as heart rate, blood pressure, and electrical conductivity of the skin. Data obtained through wearable devices helps AI to determine the true level of a person's stress or excitement. For example, in determining the level of fatigue of drivers, both facial expression and the strength of gripping the steering wheel are analyzed together [9].

DISCUSSION.

Areas of practical application. In economics and marketing, companies analyze the facial expressions of customers watching advertising clips to determine which frame generated more interest, a practice called "Neuromarketing" [14]. In healthcare, AI monitors changes in the patient's voice and face over time and warns the doctor of the risk of depression. In education, smart distance-learning systems detect when a student is not understanding a lesson and recommend simplifying the material [17]. In security, the technology helps identify suspicious or overly agitated individuals at airports or mass events [12].

Problems and limitations. No matter how advanced the technology, there is a big difference between "understanding emotions" and "recognizing emotions." AI can recognize the biological expression of emotion, but it does not understand its underlying cause and meaning. Likewise, the problem of "bias" in datasets remains relevant: if a neural network has been trained only on images of one population group, it may make significant errors in recognizing the emotions of

ISSN 3030-3907

other groups [13, 16]. Another issue at the center of discussion is ethics — analyzing a person's emotional state without their permission can be considered a violation of human rights. Therefore, alongside the development of the technology, the need to develop its legal and moral norms is being actively discussed [11].

CONCLUSION.

Emotion recognition technologies based on artificial intelligence are taking human-machine communication to a new level. Today, these systems have come a long way from simple facial expression recognition to complex multimodal analyses. Advances in affective computing are creating unprecedented opportunities for increasing economic efficiency, improving the quality of social services, and protecting human health. However, the wide-scale implementation of this technology depends not only on technical perfection but also on how correctly the ethical and legal norms are formed [11, 15].

Research shows that in the future AI systems will not only recognize a person's current emotion but also have the ability to predict their emotional state. This in turn requires a deeper integration of cognitive psychology and information technology. In Uzbekistan, too, when implementing digital economy and AI strategies, it is relevant to use emotion recognition technologies and create models adapted to local conditions, taking into account the phonetic and cultural features of the Uzbek language.

In conclusion, artificial intelligence that can recognize emotions is not just an interesting technology, but a powerful tool that helps humanity better understand itself and create a safer, more convenient, and more effective digital environment. In the future, by ensuring algorithm transparency and data integrity, this technology can be usefully applied to all spheres of society.

REFERENCES

1. Calvo, R. A., & D'Mello, S. (2010). Affect detection: An interdisciplinary review of models, methods, and their applications. IEEE Transactions on Affective Computing, 1(1), 18-37.
2. Cambria, E. (2016). Affective computing and sentiment analysis. IEEE Intelligent Systems, 31(2), 102-107.
3. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. arXiv preprint arXiv:1810.04805.
4. Ekman, P. (2003). Emotions revealed: Recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life. Times Books.
5. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT Press. Grave, E., Bojanowski, P., Gupta, P., Joulin, A., & Mikolov, T. (2018). Learning word vectors for 157 languages. Proceedings of LREC 2018.

ISSN 3030-3907

6. Li, S., & Deng, W. (2020). Deep facial expression recognition: A survey. IEEE Transactions on Affective Computing, 13(3), 1195-1215.
7. Mollahosseini, A., Hasani, B., & Mahoor, M. H. (2017). AffectNet: A database for facial expression, valence, and arousal computing in the wild. IEEE Transactions on Affective Computing, 10(1), 18-31.
8. Pantic, M., & Rothkrantz, L. J. (2000). Automatic analysis of facial expressions: The state of the art. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(12), 1424-1445.
9. Picard, R. W. (1997). Affective computing. MIT Press.
10. Resolution PQ-4996 of the President of the Republic of Uzbekistan dated February 17, 2021 "On measures to create conditions for accelerating the introduction of artificial intelligence technologies".
11. Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. Journal of Personality and Social Psychology, 39(6), 1161-1178.
12. Sariyanidi, E., Gunes, H., & Cavallaro, A. (2015). Automatic analysis of facial affect: A survey of registration, representation, and recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 37(6), 1113-1133.
13. Schuller, B. W. (2018). Speech emotion recognition: Two decades in a nutshell, benchmarks, and ongoing trends. Communications of the ACM, 61(5), 90-99.
14. Tao, J., & Tan, T. (2005). Affective computing: A review. International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, 981-995.
15. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., et al. (2017). Attention is all you need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.
16. Vinciarelli, A., Pantic, M., & Bourlard, H. (2009). Social signal processing: Survey of an emerging domain. Image and Vision Computing, 27(12), 1743-1759.
17. Zadeh, A., Chen, M., Poria, S., Cambria, E., & Morency, L. P. (2017). Tensor fusion network for multimodal sentiment analysis. EMNLP, 1103-1114.

ISSN 3030-3907

NEFT-GAZ SANOATIDA KORROZIYA JARAYONLARI VA ULARNI OLDINI OLISH

Temirov A.H.
Buxoro davlat texnika universiteti
Axmedova Sh.
Buxoro davlat texnika universiteti
Shodiyev D.X.
Buxoro davlat texnika universiteti

Annotatsiya. Maqolada neft-gaz sanoati obyektlarida uchraydigan korroziya jarayonlarining fizik-kimyoviy mohiyati, ularni kuchaytiruvchi omillar va oldini olish choralari tahlil qilinadi. Quvurlar, rezervuarlar, issiqlik almashinish apparatlari, separatorlar va burg‘ilash-ekspluatatsiya quvurlari kabi uskunalarda korroziya ko‘pincha suv fazasi, erigan karbonat angidrid, vodorod sulfidi, kislorod, xlorid ionlari, yuqori harorat va oqim tezligi ta’sirida shakllanadi. Tadqiqotda ichki va tashqi korroziya, pitting, yoriq osti korroziyasi, sulfid stress yorilishi, mikrobiologik korroziya hamda eroziya-korroziya mexanizmlari yoritilgan. Himoya choralari sifatida material tanlash, inhibitorlar, qoplama tizimlari, katodik himoya, texnologik muhitni boshqarish, monitoring va riskka asoslangan inspeksiya kompleks yondashuv sifatida ko‘rib chiqiladi. Xulosa qismida korroziyani faqat ta’mirlash muammosi sifatida emas, balki sanoat xavfsizligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni belgilovchi muhim boshqaruv masalasi sifatida baholash zarurligi asoslanadi.

Kalit so‘zlar: neft-gaz sanoati, korroziya, CO_2 korroziyasi, H_2S korroziyasi, inhibitor, katodik himoya, qoplama, monitoring.

Аннотация. В статье проанализированы физико-химическая сущность коррозионных процессов в нефтегазовой промышленности, факторы их ускорения и меры предупреждения. На трубопроводах, резервуарах, теплообменниках, сепараторах и скважинном оборудовании коррозия часто развивается под действием водной фазы, растворенного углекислого газа, сероводорода, кислорода, хлорид-ионов, повышенной температуры и скорости потока. Рассмотрены внутренняя и внешняя коррозия, питтинг, щелевая и подотложечная коррозия, сульфидное растрескивание под напряжением, микробиологическая коррозия и эрозионно-коррозионный износ. В качестве мер защиты рассматриваются выбор материалов, ингибиторы, защитные покрытия, катодная защита, управление технологической средой, мониторинг и риск-ориентированная инспекция. Сделан вывод, что управление коррозией является не только задачей ремонта, но и важным элементом промышленной безопасности, экологической устойчивости и экономической эффективности.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: нефтегазовая промышленность, коррозия, CO_2-коррозия, H_2S-коррозия, ингибитор, катодная защита, защитное покрытие, мониторинг.

Abstract. This article analyzes the physicochemical nature of corrosion processes in the oil and gas industry, the factors that accelerate them, and the main prevention measures. Corrosion of pipelines, storage tanks, heat exchangers, separators, and well equipment is usually associated with the presence of water, dissolved carbon dioxide, hydrogen sulfide, oxygen, chloride ions, elevated temperature, and flow velocity. The paper discusses internal and external corrosion, pitting, crevice and under-deposit corrosion, sulfide stress cracking, microbiologically influenced corrosion, and erosion-corrosion. Materials selection, corrosion inhibitors, coating systems, cathodic protection, process-environment control, monitoring, and risk-based inspection are considered as integrated protection tools. The paper concludes that corrosion management should be treated not only as a maintenance problem but also as a key issue of industrial safety, environmental sustainability, and economic efficiency.

Keywords: oil and gas industry, corrosion, CO_2 corrosion, H_2S corrosion, corrosion inhibitor, cathodic protection, coating, monitoring.

KIRISH.

Neft-gaz sanoatida metall konstruksiyalar, quvurlar va apparatlar uzoq muddat davomida yuqori bosim, yuqori harorat, agressiv gazlar hamda suv-tuzli muhit bilan aloqada ishlaydi. Bunday sharoitlarda po‘latning yuzasida elektrokimyoviy reaksiyalar boshlanib, metallning asta-sekin yemirilishi kuzatiladi. Oddiy ko‘rinishda korroziya metallning muhit bilan o‘zaro ta’siri natijasida uning fizik-mexanik xossalari pasayishi demakdir. Biroq neft-gaz korxonalarida bu jarayon oddiy zanglash bilan cheklanmaydi: u quvurning teshilishi, apparat devorining yupqalashishi, mahalliy chuqurchalar hosil bo‘lishi, yoriqlar rivojlanishi va hatto avariyaviy to‘xtashlarga olib kelishi mumkin.

Xalqaro AMPP/NACE IMPACT tadqiqotlarida korroziyaning global iqtisodiy qiymati juda yuqori baholanadi: umumiy yo‘qotishlar jahon yalpi ichki mahsulotining sezilarli ulushiga teng bo‘lishi mumkin [1]. Neft-gaz tarmog‘i uchun bu yo‘qotishlar faqat metall almashtirish xarajatlari bilan emas, balki rejalashtirilmagan to‘xtashlar, ishlab chiqarish hajmining kamayishi, atrof-muhitga zarar, yong‘in-portlash xavfi, mahsulot sifati buzilishi va obro‘ yo‘qotishlari bilan ham izohlanadi. Shuning uchun korroziyaga qarshi kurash texnik xizmat ko‘rsatishning kichik bo‘limi emas, balki butun texnologik tizim barqarorligini ta’minlaydigan strategik yo‘nalish hisoblanadi.

Maqolaning maqsadi neft-gaz sanoatida uchraydigan asosiy korroziya mexanizmlarini tahlil qilish, ularni kuchaytiruvchi omillarni tizimlashtirish va oldini olish usullarini ilmiy-amaliy jihatdan yoritishdan iborat. Mavzu dolzarbligi

ISSN 3030-3907

shundaki, respublika neft-gaz korxonalarida mavjud quvur tarmoqlari, gazni qayta ishlash uskunalari, rezervuarlar va issiqlik almashinish apparatlarining uzoq muddatli, xavfsiz va samarali ishlashi korroziya nazoratiga bevosita bog‘liq.

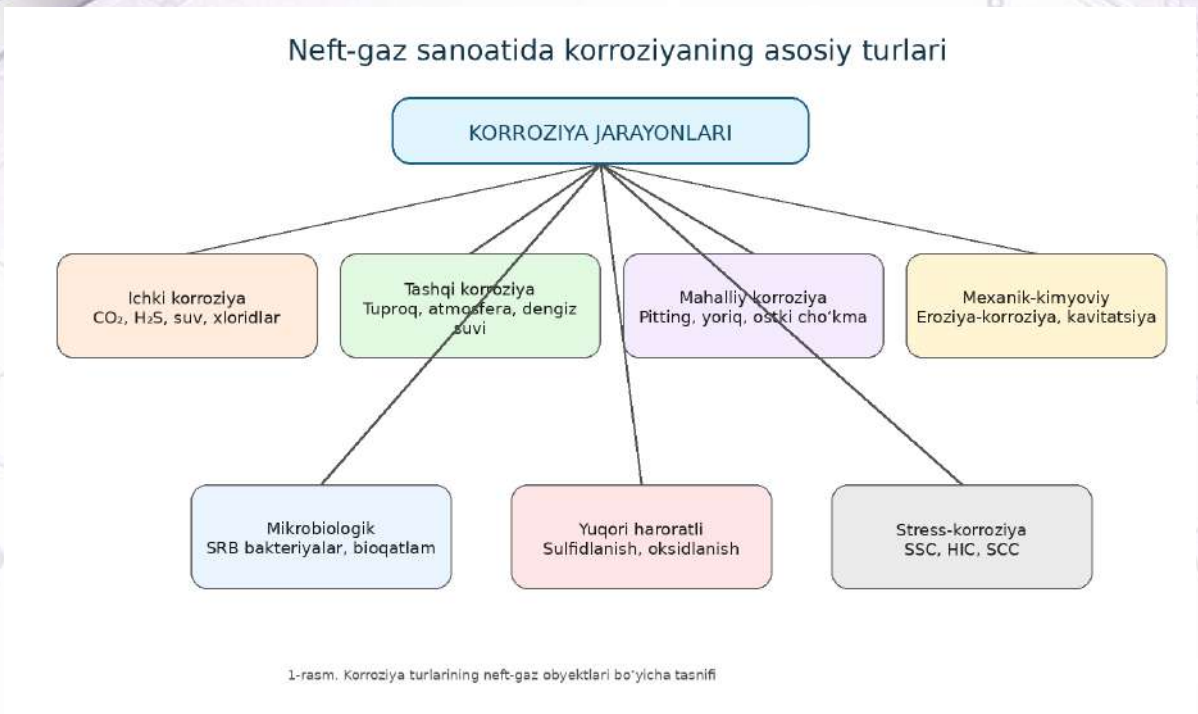
1. NEFT-GAZ MUHITIDA KORROZIYANING MOHIYATI.

Neft va gaz ishlab chiqarish, tashish hamda qayta ishlash jarayonlarida metall yuzasi ko‘pincha ko‘p fazali muhit bilan aloqada bo‘ladi. Bunday muhit tarkibida uglevodorodlar, qatlam suvi, mineral tuzlar, karbonat angidrid, vodorod sulfidi, kislorod, organik kislotalar, mexanik aralashmalar va mikroorganizmlar uchraydi. Metallning yemirilishi aynan shu omillarning o‘zaro birikkan ta’siri natijasida tezlashadi. Masalan, faqat quruq uglevodorodlar po‘latga kuchli ta’sir qilmaydi, lekin ularda suv fazasi ajralsa, suv elektrolit vazifasini bajaradi va elektrokimyoviy korroziya uchun sharoit yaratadi.

Elektrokimyoviy korroziyada metall yuzasida anod va katod maydonlari hosil bo‘ladi. Anod maydonida temir atomlari Fe^{2+} ionlariga aylanib eritmaga o‘tadi, katod maydonida esa vodorod ionlari yoki kislorod ishtirokidagi qaytarilish reaksiyalari sodir bo‘ladi. Agar muhitda CO_2 bo‘lsa, u suv bilan karbonat kislotani hosil qilib, eritmaning kislotaliligini oshiradi. H_2S esa metall yuzasida temir sulfidlari qatlamini hosil qilishi, shu bilan birga vodorod atomlarining po‘lat ichiga kirishini kuchaytirishi mumkin. Natijada faqat umumiy metall yo‘qolishi emas, balki yoriqlar va mo‘rtlashuv ham yuzaga keladi.

Neft-gaz tarmog‘idagi korroziya ikki katta guruhga ajratiladi: ichki va tashqi korroziya. Ichki korroziya quvur yoki apparatning mahsulot bilan aloqada bo‘lgan ichki sirtida sodir bo‘ladi. Tashqi korroziya esa tuproq, nam atmosfera, dengiz suvi, beton ostidagi namlik yoki izolyatsiya tagidagi elektrolit ta’sirida rivojlanadi. Har ikki holatda ham korroziyaning tezligi muhit tarkibi, harorat, bosim, oqim rejimi, material turi va himoya tizimining holatiga bog‘liq.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Neft-gaz obyektlarida uchraydigan korroziya turlarining umumiy tasnifi.

1-jadval.

Neft-gaz sanoatida ko‘p uchraydigan korroziya turlari va oqibatlari

Korroziya turi	**Uchrash joyi**	**Asosiy sabablar**	**Natija**
CO_2 korroziyasi	Quduq quvurlari, yig‘ish kollektorlar, separatorlar	Suv fazasi, erigan CO_2, past pH, yuqori oqim tezligi	Umumiy yemirilish, chuqurchalar, quvur devori yupqalashishi
H_2S korroziyasi	Sour gaz liniyalari, amine bloklari, gidrotozalash uskunalari	Vodorod sulfidi, past pH, yuqori kuchlanish, sulfid plyonkasi	SSC, HIC, pitting, mo‘rtlashuv
Tashqi tuproq korroziyasi	Yer osti quvurlari, rezervuar tubi	Nam tuproq, tuzlar, adashgan toklar, qoplama nuqsonlari	Metall yo‘qolishi, teshilish, katodik himoya zarurati
Eroziya-korroziya	Burilishlar, klapanlar, nasos chiqishi, torayishlar	Qum zarrachalari, turbulent oqim, yuqori tezlik	Himoya qatlamining yuvilishi, tezlashtirilgan metall yo‘qolishi

ISSN 3030-3907

Mikrobiologik korroziya	Rezervuarlar, past oqimli joylar, cho‘kma osti zonalari	Sulfat qaytaruvchi bakteriyalar, bioqatlam, anaerob sharoit	Mahalliy pitting, qora sulfidlashgan cho‘kmalar

2. KORROZIYA MEXANIZMLARI VA KIMYOVIY OMILLAR

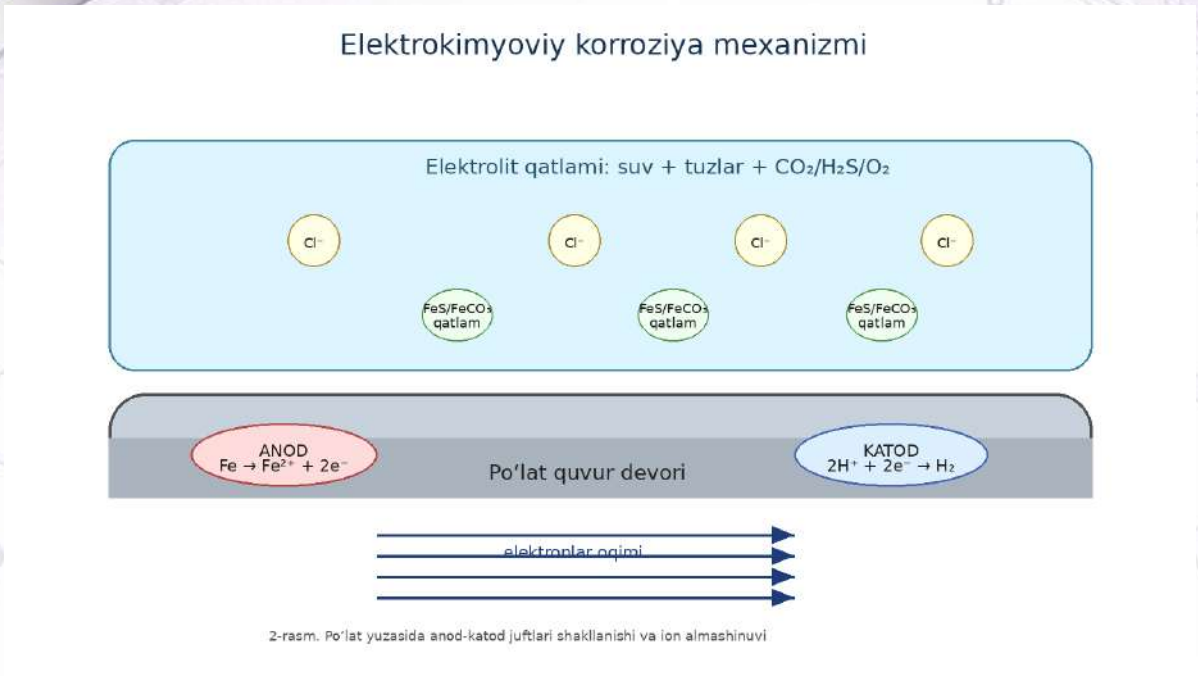
Korroziya mexanizmlarini to‘g‘ri aniqlash himoya usulini tanlashning eng muhim bosqichidir. Masalan, CO_2 korroziyasini kamaytirish uchun pH ni boshqarish, temir karbonat qatlamining barqarorligini saqlash yoki plyonka hosil qiluvchi inhibitorlardan foydalanish samarali bo‘lishi mumkin. H_2S muhitida esa faqat korroziya tezligini pasaytirish yetarli emas, balki sulfidlashgan muhitda yoriqlanishga chidamli material tanlash ham talab qilinadi. Shuning uchun API RP 571 kabi amaliy qo‘llanmalarda qayta ishlash va neft-kimyo apparatlaridagi zararlanish mexanizmlarini aniqlashga alohida e’tibor beriladi [2].

CO_2 korroziyasi, ko‘pincha “sweet corrosion” deb ataladi, suvda erigan karbonat angidridning karbonat kislota hosil qilishi bilan bog‘liq. Karbonat kislota po‘lat yuzasida temir ionlari ajralishini tezlashtiradi. Ayrim sharoitlarda $FeCO_3$ himoya qatlami hosil bo‘lib, korroziya tezligini kamaytiradi. Biroq oqim tezligi yuqori bo‘lsa yoki pH past bo‘lsa, bu qatlam barqaror saqlanmaydi va metall yuzasi yana ochilib qoladi. Shu sababli CO_2 korroziyasi asosan suv miqdori, CO_2 parsial bosimi, harorat, pH va oqim tezligi bilan baholanadi.

H_2S korroziyasi “sour corrosion” deb yuritiladi va neft-gaz sanoati uchun eng xavfli turlardan biridir. H_2S ishtirokida FeS turidagi sulfid qatlamlari hosil bo‘ladi. Ba’zi sulfid qatlamlari muayyan darajada himoya qilishi mumkin, ammo ularning notekisligi va mo‘rtligi mahalliy korroziyani kuchaytiradi. Eng xavfli jihat shundaki, H_2S vodorod atomlarining po‘latga kirishini osonlashtiradi. Bu esa sulfide stress cracking (SSC), hydrogen-induced cracking (HIC) va stress-oriented HIC kabi yoriqlanish turlariga olib kelishi mumkin [3].

Kislorod korroziyasi ham neft-gaz tizimlarida uchraydi, ayniqsa suv tayyorlash, burg‘ilash suyuqliklari, saqlash rezervuarlari va texnologik suv aylanish tizimlarida. Kislorodning oz miqdori ham katodik reaksiya tezligini oshirib, pitting korroziyasini chaqiradi. Xlorid ionlari esa passiv qatlamlarni buzadi va chuqurchali korroziyani rivojlantiradi. Yuqori haroratli qayta ishlash bloklarida sulfidlanish, naphthenic acid corrosion va oksidlanish kabi mexanizmlar alohida ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Elektrokimyoviy korroziya jarayonida anod va katod maydonlarining shakllanishi.

3. KORROZIYANI KUCHAYTIRUVCHI TEXNOLOGIK OMILLAR.

Neft-gaz korxonalarida korroziya tezligi bitta omil bilan belgilanmaydi. Ko‘pincha bir nechta omil bir vaqtda ta’sir qiladi va ularning birgalikdagi ta’siri alohida ta’sirlar yig‘indisidan kuchliroq bo‘lishi mumkin. Masalan, xlorid miqdori yuqori bo‘lgan suv, CO_2 va yuqori oqim tezligi birlashsa, quvur devorida himoya qatlami hosil bo‘lishi qiyinlashadi. H_2S, yuqori kuchlanish va qattiq po‘lat birlashsa, yoriqlanish xavfi ortadi. Shuning uchun korroziya xavfini baholashda texnologik parametrlarni muntazam nazorat qilish zarur.

Haroratning ta’siri ikki tomonlama bo‘lishi mumkin. Harorat oshganda elektrokimyoviy reaksiyalar tezlashadi, gazlarning suvdagi eruvchanligi o‘zgaradi, himoya qatlamlarining tuzilishi va yopishuvchanligi boshqacha bo‘ladi. Ba’zi CO_2 muhitlarida o‘rtacha haroratda $FeCO_3$ qatlami barqarorlashib, korroziyani kamaytiradi, lekin oqim kuchli bo‘lsa bu qatlam yuvilib ketadi. H_2S muhitida esa FeS qatlamining tarkibi va kristall shakli haroratga bog‘liq bo‘lib, natijada himoya xossalari turlicha bo‘ladi.

Oqim tezligi korroziyaning mexanik komponentini kuchaytiradi. Turbulent oqim katodik reaksiya uchun zarur moddalarning metall yuzasiga yetib kelishini tezlashtiradi, shu bilan birga korroziya mahsulotlari va inhibitor plyonkasini yuvib ketishi mumkin. Qum zarrachalari bo‘lgan oqimlarda eroziya-korroziya rivojlanadi. Ayniqsa burilish joylari, armatura, reduktorlar, nasos chiqishlari va quvur diametri keskin o‘zgaradigan zonalar xavfli hisoblanadi.

Muhit pH qiymati past bo‘lsa, metall erishi tezlashadi. Suv fazasining minerallashuvi, xlorid va bikarbonat ionlari miqdori, kislorod kirishi, organik

ISSN 3030-3907

kislotalar, cho‘kma va parafin qatlamlari ham korroziya turini belgilaydi. Cho‘kma ostida kislorod konsentratsiyasi farqi yuzaga kelib, differensial aeratsiya elementi hosil bo‘ladi. Natijada ko‘zga tashlanmaydigan lokal pitting chuqurlashib boradi.

2-jadval.

Korroziyani kuchaytiruvchi asosiy omillar va ularni nazorat qilish

Omil	Ta’sir mexanizmi	Amaliy nazorat chorasi
Suv fazasi	Elektrolit hosil qilib, anod-katod reaksiyalarini ta’minlaydi	Suv ajratish, deemulsifikatsiya, drenaj tizimi, suv miqdorini nazorat qilish
CO_2 parsial bosimi	Karbonat kislota hosil qilib pH ni pasaytiradi	pH stabilizatsiyasi, inhibitor dozasi, material tanlash
H_2S miqdori	FeS qatlamlari, vodorod kirishi, SSC/HIC xavfi	NACE/ISO talablariga mos material, H_2S monitoringi, inhibitor
Xloridlar	Passiv qatlamni buzadi, pittingni kuchaytiradi	Tuzsizlantirish, suv kimyosini nazorat qilish, qoplama
Oqim tezligi	Himoya qatlamini yuvadi, eroziyani kuchaytiradi	Gidravlik hisob, qum ajratish, xavfli burilishlarni nazorat qilish
Harorat	Reaksiya kinetikasi va himoya qatlami barqarorligini o‘zgartiradi	Texnologik rejimni optimallashtirish, issiqlik izolyatsiyasi, material bahosi

4. SANOAT OQIBATLARI VA IQTISODIY AHAMIYATI.

Korroziya oqibatlari ko‘p hollarda avval texnologik unumdorlikka, keyin esa sanoat xavfsizligiga ta’sir qiladi. Quvur devorining yupqalashishi bosim ostidagi tizimning mustahkamlik zaxirasini kamaytiradi. Pitting korroziyasi esa umumiy metall yo‘qolishi kichik bo‘lsa ham, qisqa vaqt ichida teshilish keltirib chiqarishi mumkin. Bunday teshilish gaz yoki neft sizib chiqishiga, yonuvchan aralashma hosil bo‘lishiga, atrof-muhit ifloslanishiga va ishlab chiqarishning to‘xtashiga olib keladi.

Qayta ishlash zavodlarida korroziya issiqlik almashinish apparatlari samaradorligini pasaytiradi, kolonnalarda mahsulot sifati buzilishiga sabab bo‘ladi, amine regeneratsiyasi, gidrotozalash, oltingugurt ajratish va suv tozalash bloklarida qo‘shimcha ekspluatatsion muammolar keltirib chiqaradi. Korroziya mahsulotlari filtrlar, forsunkalar va nazorat-o‘lchov asboblarini ifloslantirib, texnologik rejim barqarorligini buzadi. Natijada energiya sarfi oshadi, ta’mirlash oralig‘i qisqaradi va rejalashtirilmagan to‘xtash xavfi ortadi.

ISSN 3030-3907

Xalqaro manbalarda korroziya bilan bog‘liq xarajatlar juda katta ko‘rsatkichlar bilan baholanadi. AMPP/NACE IMPACT tadqiqoti korroziyani boshqarish tizimi samarali joriy etilganda umumiy xarajatlarning sezilarli qismini kamaytirish mumkinligini ko‘rsatadi [1]. 2026-yilda AMPP tomonidan e’lon qilingan energiya sektori hisobotida ham quvur hodisalarida korroziya muhim, ammo oldini olish mumkin bo‘lgan omillardan biri sifatida qayd etilgan [4]. Bu xulosalar neft-gaz korxonalarida “reaktiv ta’mirlash”dan “oldindan bashorat qiluvchi boshqaruv”ga o‘tish zarurligini ko‘rsatadi.

3-jadval.

Korroziyaning sanoat xavfsizligi va iqtisodiyotga ta’siri

Oqibat turi	**Neft-gaz obyektlaridagi ko‘rinishi**	**Kutiladigan zarar**
Texnik zarar	Quvur teshilishi, apparat devorining yupqalashishi, armatura ishdan chiqishi	Ta’mirlash, almashtirish, texnologik to‘xtash
Ishlab chiqarish zarari	Bosim yo‘qotilishi, mahsulot oqimi kamayishi, issiqlik almashinish yomonlashishi	Quvvat pasayishi, energiya sarfi oshishi
Xavfsizlik xavfi	Yonuvchan gaz sizishi, H_2S chiqishi, bosimli apparat shikastlanishi	Yong‘in, portlash, zaharlanish, favqulodda holat
Ekologik zarar	Neft mahsulotlari, sho‘r suv yoki kimyoviy reagentlar sizishi	Tuproq va suv ifloslanishi, utilizatsiya xarajatlari
Iqtisodiy zarar	Rejalashtirilmagan to‘xtash, jarima, zaxira qismlar, texnik xizmat	Ekspluatatsion xarajatlarning ko‘payishi

5. KORROZIYANI OLDINI OLISH USULLARI

Korroziyani oldini olishda eng samarali yondashuv - bir nechta himoya usullarini bir tizimga birlashtirishdir. Faqat inhibitor qo‘shish yoki faqat qoplama bilan cheklanish ko‘p hollarda yetarli bo‘lmaydi. Chunki neft-gaz obyektlarida texnologik muhit o‘zgaruvchan: suv miqdori, gaz tarkibi, oqim tezligi, harorat va bosim rejimi vaqt davomida almashadi. Shuning uchun himoya tizimi loyiha bosqichidan boshlab material tanlash, konstruktiv yechim, ekspluatatsion nazorat va davriy inspeksiyani o‘z ichiga olishi kerak.

Material tanlash korroziyaga qarshi kurashning birinchi bosqichidir. Oddiy uglerodli po‘lat arzon va mexanik jihatdan qulay bo‘lsa-da, agressiv muhitda tez yemirilishi mumkin. H_2S mavjud muhitda NACE MR0175/ISO 15156 kabi

ISSN 3030-3907

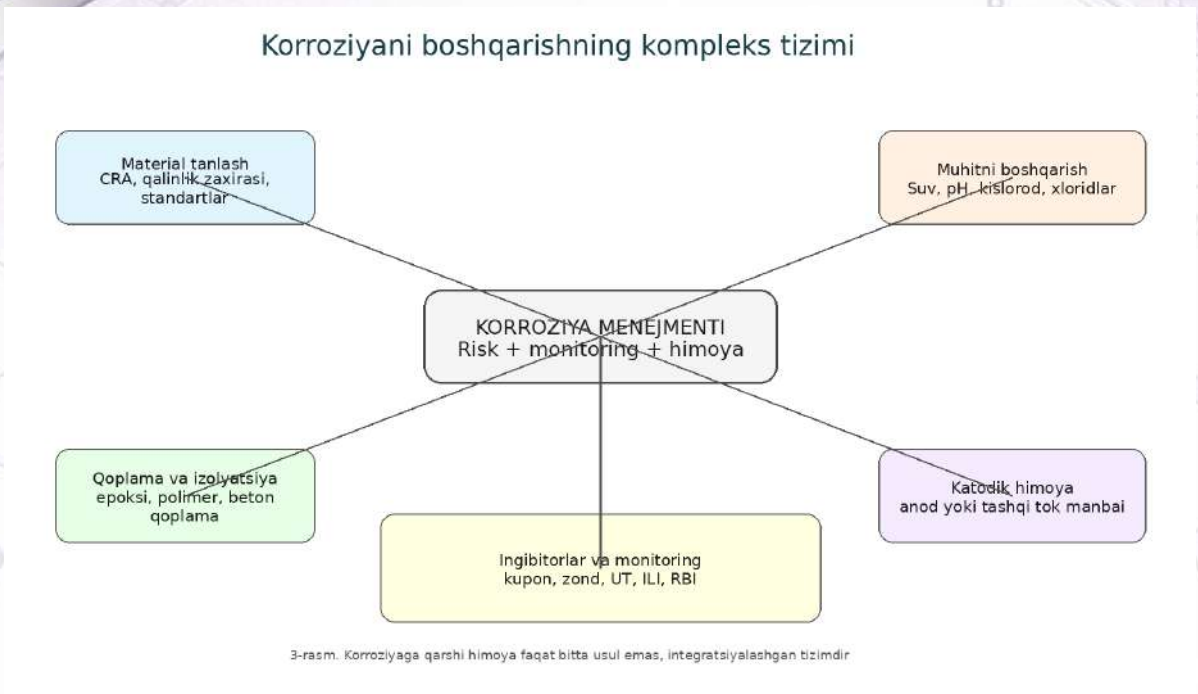
standartlar vodorod sulfid ta’sirida yoriqlanishga chidamli materiallarni tanlashda qo‘llanadi [5]. Yuqori xloridli, kislotali yoki yuqori haroratli muhitda zanglamas po‘lat, duplex po‘latlar, nikel asosli qotishmalar yoki ichki qoplamali quvurlar tanlanishi mumkin. Biroq qimmat materialdan foydalanish har doim ham iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq emas, shuning uchun xavf darajasiga asoslangan tanlov zarur.

Korroziya inhibitorlari ichki korroziyani nazorat qilishda keng qo‘llanadi. Ular metall yuzasida adsorbsion himoya plyonkasi hosil qiladi, anod yoki katod reaksiyalarini sekinlashtiradi, ba’zan esa muhit pH qiymatini barqarorlashtiradi. Inhibitorning samaradorligi uning muhitga mosligi, dozalash usuli, oqim rejimi, suv fazasida tarqalishi, haroratga chidamliligi va boshqa reagentlar bilan mosligiga bog‘liq. Inhibitor noto‘g‘ri tanlansa, cho‘kma hosil qilishi, emulsiyani barqarorlashtirib yuborishi yoki himoya plyonkasi notekis bo‘lishi mumkin.

Qoplamalar tashqi va ichki yuzalarni muhitdan ajratib turuvchi to‘siq vazifasini bajaradi. Yer osti quvurlarida polimer qoplamalar va katodik himoya birgalikda qo‘llanadi. Qoplama nuqsonlari bo‘lsa, katodik himoya aynan shu nuqson joyida metallning anod sifatida yemirilishini kamaytiradi. Rezervuarlar ichki yuzasida epoksi, fenolik, poliuretan yoki boshqa kimyoviy chidamli qoplamalar qo‘llanishi mumkin. Qoplama sifatini ta’minlash uchun yuzani tozalash darajasi, quruqlik, yopishuvchanlik, qatlam qalinligi va nuqsonlarni aniqlash sinovlari nazorat qilinadi.

Katodik himoya tashqi korroziyani boshqarishda asosiy usullardan biridir. Uning mazmuni himoyalanayotgan metallni katod holatiga o‘tkazishdan iborat. Bunda qurbon anodlar yoki tashqi tok manbai ishlatiladi. Yer osti va suv osti quvurlari uchun katodik himoya qoplama bilan birga qo‘llanganda eng yuqori samara beradi. AMPP/NACE SP0169 turidagi standartlarda yer osti va suv osti metall quvurlarining tashqi korroziyasini nazorat qilish bo‘yicha amaliy mezonlar berilgan [6].

ISSN 3030-3907



3-rasm. Korroziyani boshqarishda kompleks yondashuv elementlari.

4-jadval.

Korroziyaga qarshi himoya usullarining taqqoslanishi

Himoya usuli	Afzalligi	Cheklovi	Qo‘llash sohasi
Material tanlash	Uzoq muddatli ishonchlilikni oshiradi	Boshlang‘ich xarajat yuqori bo‘lishi mumkin	H_2S, xlorid, yuqori haroratli muhitlar
Ingibitor qo‘llash	Ichki korroziyani tez moslashuvchan boshqaradi	Doimiy dozlash va monitoring talab qiladi	Quduq, yig‘ish liniyasi, separator, quvur
Qoplama	Metallni muhitdan ajratadi	Nuqson bo‘lsa lokal korroziya xavfi ortadi	Quvur, rezervuar, apparat ichki/tashqi yuzasi
Katodik himoya	Yer osti va suv osti obyektlarida samarali	Elektr rejimi va potentsial nazorati kerak	Magistral quvurlar, rezervuar tubi
Muhitni boshqarish	Korroziya sabablarini kamaytiradi	Texnologik rejimga bog‘liq	Suv ajratish, kislorodni kamaytirish, pH nazorati
Monitoring va RBI	Nosozlikni oldindan aniqlaydi	Ma’lumot sifati va tahlil tajribasiga bog‘liq	Butun korxona aktivlari

ISSN 3030-3907

6. MONITORING, DIAGNOSTIKA VA RISKLARNI BOSHQARISH.

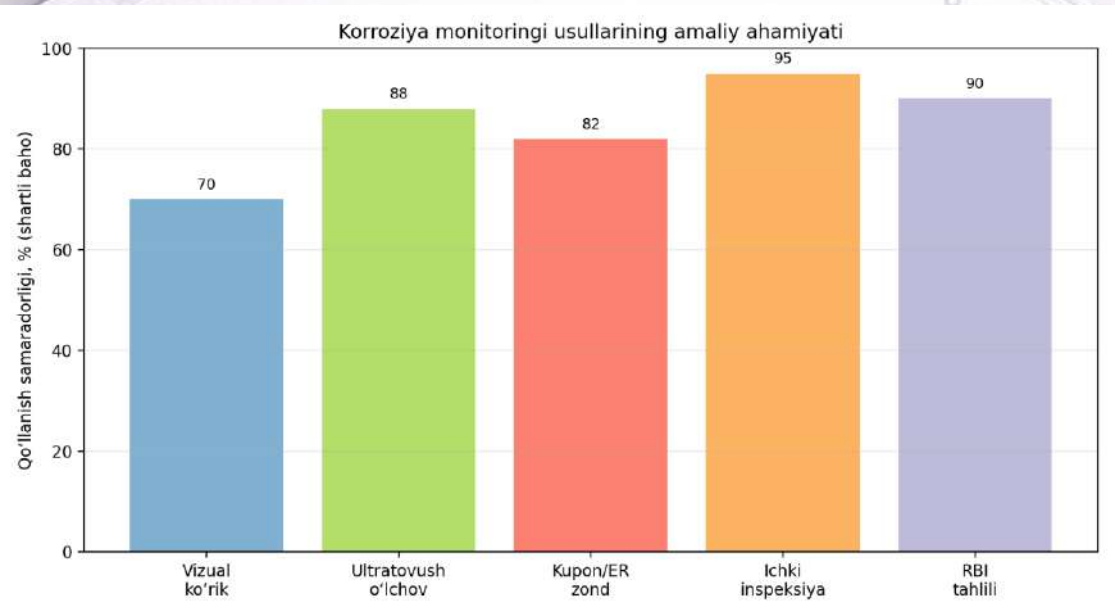
Korroziya nazorati faqat himoya reagentini qo‘shish bilan tugamaydi. Agar monitoring bo‘lmasa, himoya tizimining samaradorligini baholab bo‘lmaydi. Neft-gaz korxonalarida korroziya monitoringi kuponlar, elektr qarshilik zondlari, chiziqli polarizatsiya qarshiligi, ultratovush qalinlik o‘lchovi, radiografiya, magnit oqim sizishi, ichki inspeksiya moslamalari va vizual ko‘rik orqali amalga oshiriladi. Har bir usulning vazifasi va aniqlik darajasi turlicha bo‘lgani uchun ular ko‘pincha birgalikda qo‘llanadi.

Korroziya kuponlari muhitdagi o‘rtacha korroziya tezligini baholash uchun sodda va ishonchli usuldir. Biroq ular real quvur devoridagi lokal pittingni to‘liq ko‘rsatmasligi mumkin. Elektr qarshilik zondlari esa vaqt bo‘yicha tezkor ma’lumot beradi. Ultratovush tekshiruvlari devor qalinligini aniqlab, xavfli nuqtalarni kuzatish imkonini beradi. Magistral quvurlarda ichki inspeksiya moslamalari devor yo‘qolishi, deformatsiya va nuqsonlarning joylashuvini aniqlashda muhim ahamiyatga ega.

Riskka asoslangan inspeksiya (RBI) korroziya xavfini oqibat va ehtimollik bo‘yicha baholaydi. Bunda har bir uskuna uchun muhit agressivligi, material, ishlash harorati, bosim, avariya oqibati va tarixiy ma’lumotlar hisobga olinadi. Natijada eng xavfli obyektlar tez-tez tekshiriladi, xavfi past obyektlarda esa ortiqcha inspeksiya xarajatlari kamayadi. Bu yondashuv korroziya menejmentini iqtisodiy va texnik jihatdan muvozanatlashtiradi.

Zamonaviy neft-gaz korxonalarida korroziyani boshqarish raqamli ma’lumotlar bazalari, onlayn sensorlar va prognoz modellariga tayanib bormoqda. pH, H_2S, CO_2, suv miqdori, xlorid, harorat va oqim tezligi bo‘yicha operativ ma’lumotlar korroziya xavf xaritasini tuzishga yordam beradi. Agar ma’lumotlar doimiy tahlil qilinsa, inhibitor dozasi optimallashtiriladi, xavfli zonalar oldindan aniqlanadi va rejalashtirilmagan to‘xtashlar kamayadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Korroziya monitoringi usullarining amaliy qo‘llanish darajasi (shartli baholash).

7. NEFT-GAZ KORXONALARI UCHUN AMALIY TAVSIYALAR.

Neft-gaz korxonalarida korroziyaga qarshi samarali tizim yaratish uchun birinchi navbatda korroziya xavf xaritasi tuzilishi lozim. Bunda quvurlar va apparatlar texnologik muhit, material, ish rejimi, tarixiy nosozliklar va himoya tizimi holati bo‘yicha guruhlarga ajratiladi. Xavfli zonalar sifatida suv ajraladigan past nuqtalar, quvur burilishlari, issiqlik almashinish apparatlarining kirish-chiqish qismlari, rezervuar tubi, izolyatsiya osti joylari va H_2S yuqori bo‘lgan bloklar alohida nazoratga olinadi.

Ikkinchi muhim yo‘nalish - suv va mexanik aralashmalarni boshqarishdir. Qatlam suvi quvurda qolsa, CO_2 va H_2S mavjud bo‘lgan holda korroziya tezlashadi. Shuning uchun separatorlarning ish samaradorligi, drenaj tizimi, deemulsifikator qo‘llash, filtrlar holati va qum ajratish qurilmalari doimiy nazorat qilinishi kerak. Suv tarkibidagi xlorid va pH bo‘yicha laboratoriya tahlillari texnologik qarorlar bilan bog‘lanishi zarur.

Uchinchi yo‘nalish - inhibitor dasturini ilmiy asosda yuritish. Inhibitorni tanlashdan oldin laboratoriya sinovi, moslik tekshiruvi, minimal samarali dozani aniqlash va real obyekt sharoitida tajriba-sanoat sinovi o‘tkazilishi kerak. Dozalash nasoslarining ishlashi, reagent sarfi, himoya plyonkasi barqarorligi va korroziya zondlaridan kelgan ma’lumotlar muntazam solishtiriladi. Inhibitor sarfini faqat ko‘paytirish emas, balki optimallashtirish maqsadga muvofiq.

To‘rtinchi yo‘nalish - xodimlar malakasi va hujjatlashtirishdir. Korroziya bo‘yicha qarorlar aniq ma’lumotlarga asoslanishi uchun har bir o‘lchov, ko‘rik, sinov, ta’mirlash va reagent dozasi yagona ma’lumotlar bazasida qayd etilishi lozim. Operatorlar korroziya belgilarini, H_2S xavfini, qoplama nuqsonlarini,

ISSN 3030-3907

katodik himoya potentsiallarini va favqulodda holat tartiblarini bilishi kerak. Tajriba shuni ko‘rsatadiki, yaxshi hujjatlashtirilmagan himoya tizimi vaqt o‘tishi bilan nazoratdan chiqib ketadi.

XULOSA.

Neft-gaz sanoatida korroziya jarayonlari murakkab, ko‘p omilli va texnologik rejimga juda sezgir hodisadir. Ularning asosida metall yuzasida anod-katod jarayonlari, agressiv gazlar, suv-tuzli muhit, yuqori harorat, oqim tezligi va mexanik aralashmalar ta’siri yotadi. CO_2 korroziyasi, H_2S korroziyasi, kislorodli pitting, mikrobiologik korroziya, eroziya-korroziya va yuqori haroratli sulfidlanish neft-gaz obyektlarida eng ko‘p uchraydigan xavfli mexanizmlar hisoblanadi.

Korroziyani oldini olishda yagona universal usul mavjud emas. Eng to‘g‘ri yondashuv - material tanlash, qoplama, katodik himoya, inhibitor, muhitni boshqarish, monitoring va riskka asoslangan inspeksiyani bir tizimga kiritishdir. Bunday yondashuv nafaqat metall yemirilishini kamaytiradi, balki ishlab chiqarish uzluksizligi, sanoat xavfsizligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi.

Amaliy jihatdan har bir neft-gaz korxonasi o‘zining korroziya xaritasini ishlab chiqishi, xavfli zonalarni aniqlashi, himoya usullarini texnologik sharoitga mos tanlashi va monitoring natijalarini muntazam tahlil qilishi zarur. Korroziyaga qarshi kurash reaktiv ta’mirlashdan ko‘ra oldindan bashorat qiluvchi, ma’lumotlarga asoslangan boshqaruv tizimi shaklida tashkil etilgandagina maksimal natija beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. AMPP/NACE International. IMPACT Study: International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies. Economic Impact of Corrosion.
2. American Petroleum Institute. API Recommended Practice 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry.
3. Vakili M., Koutník P., Kohout J. Addressing Hydrogen Sulfide Corrosion in Oil and Gas Industries: A Sustainable Perspective. Sustainability, 2024, 16(4), 1661.
4. AMPP. U.S. Pipeline Industry 2026: Leading Failures, New Technologies, and Future Outlook. AMPP Energy Industry Report, 2026.
5. ISO 15156 / NACE MR0175. Petroleum and natural gas industries - Materials for use in H_2S-containing environments in oil and gas production.
6. AMPP/NACE SP0169. Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.
7. Yan T. et al. Mechanism and anti-corrosion measures of carbon dioxide corrosion in oil and gas environments. Open-access review, 2023.

ISSN 3030-3907

8. Revie R.W., Uhlig H.H. Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering. Wiley.
9. Jones D.A. Principles and Prevention of Corrosion. Pearson.
10. Fontana M.G. Corrosion Engineering. McGraw-Hill.

ISSN 3030-3907

DOLOMITLARNI EKSTRAKTSION SOLISHTIRMA PARCHALASH VOSITASIDA TARKIBIDAGI MAGNIY KOMPONENTLARINI ERITMAGA O'TKAZISH VA AJRATISH

M.M.Rajabova
Buxoro davlat texnika universiteti doktoranti, O‘zbekiston Respublikasi
E-mail: rajabovamadinabonu0@gmail.com
A.A.Xaydarov
Texnika fanlari doktori, Buxoro davlat texnika universiteti professori, O‘zbekiston Respublikasi

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida Navoiy viloyati Navbaxor konidan olingan dolomit namunalarini nitrat kislotada parchalash orqali magniyni ajratib olish jarayonining o‘rganish natijalari keltirilgan. Tadqiqotda dolomitni turli konsentratsiyali (30–55 %) nitrat kislota eritmalarida hamda kislota sarfining 50–140 stexiometrik me’yorlarida qayta ishlash jarayonlari laboratoriya sharoitida amalga oshirildi. Olingan reaksion aralashmalar tarkibida kalsiy va magniy oksidlarining umumiy hamda suvda eruvchan shakllari, shuningdek karbonatsizlanish darajasi kompleks analitik usullar orqali aniqlandi. Tajriba natijalariga ko‘ra, 35-40% konsentratsiyali nitrat kislota dolomitning barqaror parchalanishini ta’minlashi, kislota sarfining 110-120 stexiometrik me’yorida esa magniy birikmalarining suvda eruvchan shaklga o‘tishi 90-95 % gacha yetishi, reaksion aralashmaning texnologik qayta ishlash xossalarini saqlab qolishi bilan maqbul sharoit deb baholandi.

Kalit so‘zlar: dolomit, nitrat kislota, kislotali parchalash, magniy ajratib olish, stexiometrik me’yor, kislota konsentratsiyasi.

Аннотация. В данной исследовательской работе представлены результаты изучения процесса извлечения магния азотнокислотным разложением образцов доломита из месторождения Навбахор Навоийской области. В исследовании процессы переработки доломита проводились в лабораторных условиях в растворах азотной кислоты различной концентрации (30–55%) и при стехиометрических нормах расхода кислоты 50–140. Общие и водорастворимые формы оксидов кальция и магния в составе полученных реакционных смесей, а также степень декарбонизации определялись комплексными аналитическими методами. По результатам экспериментов установлено, что азотная кислота в концентрации 35-40% обеспечивает стабильное разложение доломита, а при стехиометрической норме расхода кислоты 110-120 переход соединений магния в водорастворимую форму достигает 90-95%, что оценивается как оптимальные условия при сохранении технологических свойств реакционной смеси.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: доломит, азотная кислота, кислотное разложение, извлечение магния, стехиометрическая норма, концентрация кислоты.

Abstract. This research paper presents the results of studying the process of magnesium extraction by nitric acid decomposition of dolomite samples from the Navbahor deposit in the Navoi region. In the study, dolomite processing processes were conducted under laboratory conditions in nitric acid solutions of various concentrations (30–55%) and at stechiometric acid consumption rates of 50–140. The general and water-soluble forms of calcium and magnesium oxides in the resulting reaction mixtures, as well as the degree of decarbonization, were determined using complex analytical methods. According to the experimental results, it was established that nitric acid at a concentration of 35-40% ensures the stable decomposition of dolomite, and at a stechiometric acid consumption rate of 110-120, the transition of magnesium compounds to a water-soluble form reaches 90-95%, which is assessed as optimal conditions for maintaining the technological properties of the reaction mixture.

Keywords: dolomite, nitric acid, acid decomposition, magnesium extraction, stoichiometric norm, acid concentration.

KIRISH.

So‘nggi yillarda jahon miqyosida mineral xomashyolarni kompleks qayta ishlash, ulardan yuqori qo‘shimcha qiymatli noorganik mahsulotlar olish hamda chiqindisiz texnologiyalarni ishlab chiqish masalalari strategik ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, kalsiy va magniy saqlovchi mineral xomashyolar kimyo, metallurgiya, qurilish materiallari sanoati, qishloq xo‘jaligi hamda atrof-muhitni muhofaza qilish texnologiyalarida keng qo‘llanilishi bilan alohida ilmiy-amaliy qiziqish uyg‘otmoqda.

Kalsiy va magniy saqlovchi karbonat minerallarini kompleks qayta ishlash, ulardan yuqori qo‘shimcha qiymatli noorganik mahsulotlar olish hamda chiqindisiz texnologiyalar ishlab chiqish masalasi so‘nggi o‘n yilliklarda jahon ilmiy jamoatchiligining diqqat markazida bo‘lib kelmoqda. Ayniqsa, dolomit mineralini kimyoviy va termokimyoviy usullarda qayta ishlash orqali Mg va Ca birikmalarini selektiv ajratib olish, ular asosida sorbentlar, koagulyantlar, o‘g‘itlar va funksional materiallar sintez qilish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan[1].

Dolomit $CaMg(CO_3)_2$ formulali ikki karbonatli mineral bo‘lib, uning kristall panjarasida kalsiy va magniy ionlari izomorf joylashgan. Uning ushbu xususiyati mineralni selektiv eritish va fazaviy ajratishni murakkablashtiradi. Bir qator tadqiqotlarda dolomitni to‘g‘ridan to‘g‘ri kislotalarda parchalashda Ca va Mg ionlarining bir vaqtda eritmaga o‘tishi qayd etilgan. Dolomitni qayta ishlashning eng keng tarqalgan usullaridan biri termik dekarbonizatsiya hisoblanadi. 800–950 °C haroratda dolomit CaO va MgO ga parchalanadi. Biroq ko‘plab mualliflar bu

ISSN 3030-3907

usulning energiya sarfi yuqori ekanligini, CO_2 chiqindilari katta hajmda ajralib chiqishini va CaO hamda MgO ni keyinchalik selektiv ajratish murakkabligini ta'kidlaydilar. Shu bois past haroratli kislotali qayta ishlash usullari ilmiy va amaliy jihatdan ustun deb baholanmoqda[2,3].

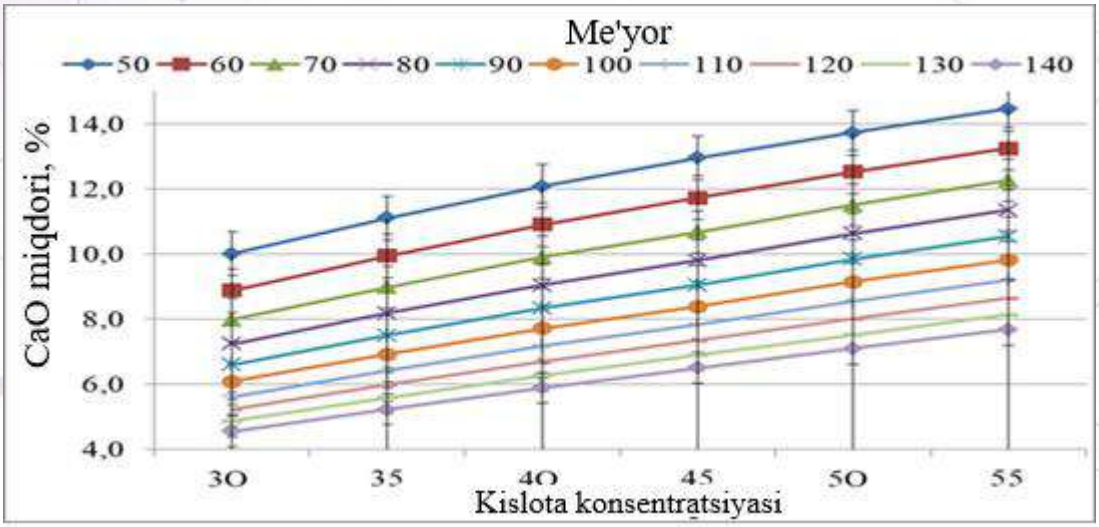
Kislotali parchalash bo'yicha ilmiy tadqiqotlar asosan HCl, H_2SO_4 va HNO_3 kislotalarini qo'llashga bag'ishlangan. Xlorid kislota dolomitni tez eritishi bilan ajralib turadi, ammo $CaCl_2$ va $MgCl_2$ eritmalarini keyinchalik ajratish qo'shimcha reagentlar talab qiladi. Sulfat kislotada parchalashda $CaSO_4$ cho'kmasi hosil bo'lib, Mg^{2+} ni eritmada qoldirish imkonini beradi, biroq gips hosil bo'lishi filtratsiya jarayonini murakkablashtiradi. Nitrat kislota esa dolomitni parchalashda bir qator texnologik afzalliklarga ega. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, HNO_3 yuqori dissotsiatsiya darajasiga ega bo'lib, karbonat minerallarini to'liq eritish qobiliyati bilan ajralib turadi. Reaksiya natijasida hosil bo'luvchi $Ca(NO_3)_2$ va $Mg(NO_3)_2$ yuqori eruvchanlikka ega bo'lib, eritma fazasida barqaror saqlanadi. Bu esa selektiv cho'ktirish yoki qayta kristallash orqali Mg ni ajratishni yengillashtiradi. Qator tadqiqotlarda dolomitni nitrat kislotada parchalash kinetikasi o'rganilgan. Biroq yuqori konsentratsiyali kislotalarda reaksiya muhitida ortiqcha kislota qolishi, nitrat tuzlarining kristallanish xususiyatlari o'zgarishi mumkinligi ta'kidlangan[4-6].

Yuqoridagilardan kelib chiqib mazkur tadqiqot ishi dolomitni nitrat kislotada turli konsentratsiya va stexiometrik me'yorlarda parchalash, Ca va Mg oksidlarining umumiy hamda suvda eruvchan shakllarini aniqlash, karbonatsizlanish jarayonini baholash hamda magniyni selektiv ajratishning ilmiy-texnologik asoslarini ishlab chiqishga qaratilgan.

Tadqiqot obyekti sifatida Navoiy viloyati Navbaxor konidan olingan mahalliy dolomit xomashyosi qo'llanildi. Namunalar laboratoriya sharoitida quritilib, sharli tegirmonda maydalandi va 0,25 mm dan kichik fraksiyagacha ajratildi. Dolomitning kimyoviy tarkibi klassik kimyoviy tahlil usullari orqali aniqlanib, tarkibida CaO- 28,67 %, MgO- 18,42 % , CO_2- 42,57 % miqdorda, qo'shimcha komponentlar sifatida SiO_2 -3,26 %, Al_2O_3 - 1,12 %, Fe_2O_3- 1,24 %, SO_3 -1,37 %, H_2O -1,90 % miqdorda va boshqa aralashmalar - 1,45 % miqdorda mavjudligi aniqlandi. Dolomitni kislotali parchalash jarayonini o'rganish maqsadida 30, 35, 40, 45, 50 va 55 % konsentratsiyali nitrat kislotasi eritmalari konsentrlangan kislotani suyultirish orqali tayyorlandi. Kislotali parchalash tajribalari mexanik aralashtirgich bilan jihozlangan shishali reaktorlarda amalga oshirildi. Reaksiya jarayoni 25–30°C haroratda 30-40 daqiqa davomida olib borildi. Jarayon tugagach, reaksion aralashma namunalarida kalsiy va magniy oksidlarining umumiy hamda suvda eruvchan shakllari kompleksonometrik titrlash

ISSN 3030-3907

usuli orqali aniqlandi. Barcha tajribalar ikki marta takrorlanib, natijalarning o‘rtacha qiymatlari statistik qayta ishlandi.

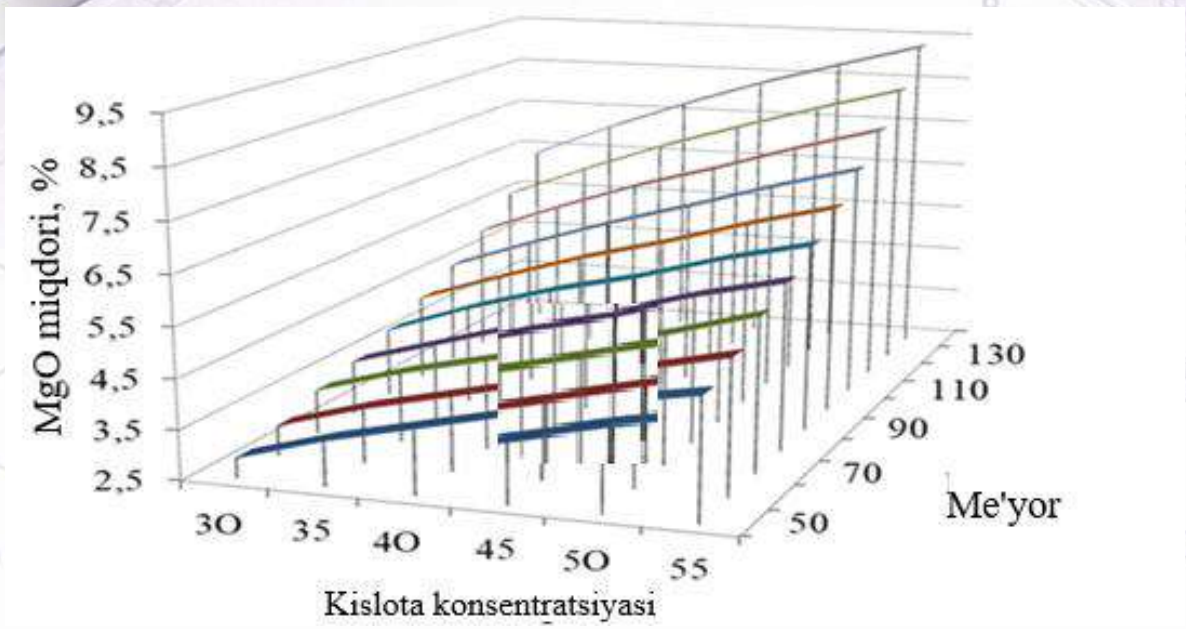


1-rasm. Dolomitni nitrat kislotada parchalashda hosil bo‘lgan reaksion aralashma tarkibidagi kalsiy oksidi umumiy miqdori o‘zgarishining kislota konsentratsiyasi va uning stexiometrik me’yoriga bog‘liqligi.

1-rasmda dolomitni nitrat kislotada parchalash jarayonida hosil bo‘lgan reaksion aralashma tarkibidagi kalsiy oksidi miqdorining kislota konsentratsiyasi va uning stexiometrik sarf me’yoriga bog‘liq holda o‘zgarishida, kislota konsentratsiyasi 30 % dan 55 % gacha oshirilganda barcha stexiometrik me’yorlarda CaO miqdorining ortishi kuzatilgan. Masalan, 50 % stexiometrik me’yorda CaO miqdori 30 % konsentratsiyali kislotada 10,01 % ni tashkil etgan bo‘lsa, 55 % konsentratsiyada 14,45 % gacha oshgan, ya’ni qariyb 1,44 barobar o‘sish qayd etilgan.

Bunda kislota konsentratsiyasi oshishi bilan qo‘shiladigan kislota miqdori kamayib borishiga bog‘liqdir. Shu bilan birga, kislota sarfi stexiometrik me’yorga oshgan sari reaksion aralashmadagi CaO ulushi pasayib boradi. 30 % konsentratsiyali kislotada 50 me’yordan 140 % gacha oshirilganda CaO 10,01 % dan 4,55 % gacha kamaygan. Bu holat me’yor ortishi bilan qo‘shilayotgan kislota miqdori ortib aralashmada dolomit komponentlarini pasayishiga olib keladi (2-rasm).

ISSN 3030-3907



2-rasm. Dolomitni nitrat kislotada parchalashda hosil bo‘lgan reaksion aralashma tarkibidagi magniy oksidi umumiy miqdori o‘zgarishining kislota konsentratsiyasi va uning stexiometrik me’yoriga bog‘liqligi.

Magniy oksidi (MgO) umumiy miqdorining kislota konsentratsiyasi hamda uning stexiometrik sarf me’yoriga bog‘liq ravishda qonuniyatli o‘zgarishi, kislota konsentratsiyasi 30 % dan 55 % gacha oshirilganda barcha stexiometrik me’yorlarda MgO miqdorining ortishi kuzatiladi. Masalan, 50 % stexiometrik me’yorda MgO miqdori 30 % kislotada 6,43 % ni tashkil etgan bo‘lsa, 55 % konsentratsiyada 9,28 % gacha oshgan. Shu bilan birga, kislota sarfi stexiometrik me’yorga nisbatan oshirilgan sari reaksion aralashmada MgO ulushining kamayishi aniqlandi. 30 % konsentratsiyali kislotada me’yor 50 % dan 140 % gacha oshirilganda MgO 6,43 % dan 2,93 % gacha pasaygan. Bu holat kislota sarfi ortishi natijasida reaksion massa tarkibida kislota ulushi ortib, dolomitning mineral komponentlari, jumladan magniy birikmalari nisbiy miqdorining kamayishi bilan izohlanadi.

Keltirilgan ma’lumotlar dolomitni nitrat kislotada parchalash jarayonida hosil bo‘lgan reaksion aralashma tarkibidagi magniy oksidining suvda eruvchan shakl ulushi umumiy MgO miqdoriga nisbatan kislota konsentratsiyasi va stexiometrik me’yorga bog‘liq holda o‘rganilganda, bir xil stexiometrik me’yor sharoitida kislota konsentratsiyasi 30 % dan 55 % gacha oshirilganda eruvchan MgO ulushining pasayishi kuzatildi. Masalan, 50 % me’yorda bu ko‘rsatkich 42,94 % dan 31,88 % gacha, 100 % me’yorda 89,12 % dan 78,89 % gacha, 140 % me’yorda esa 99,11 % dan 89,96 % gacha kamaygan. Bu holat stexiometrik miqdor o‘zgarmagan holda kislota konsentratsiyasi ortishi natijasida reaksion aralashmaga qo‘shiladigan eritma hajmi, ya’ni suv miqdorining kamayishi, muhitning quyuqlashishi va nitrat tuzlarining qisman kristallogidrat holatda qolib, suv bilan

ISSN 3030-3907

ekstraksiyasi cheklanishi bilan izohlanadi. Aksincha, stexiometrik me’yor 50 % dan 140 % gacha oshirilganda barcha konsentratsiyalarda eruvchan MgO ulushi keskin ortishi qayd etildi, jumladan, 30 % kislotada 42,94 % dan 99,11 % gacha, 55 % da esa 31,88 % dan 89,96 % gacha o‘sgan.

Olingan tajriba natijalari tahlili shuni ko‘rsatdiki, kislota konsentratsiyasi ortishi parchalanish jarayonini tezlashtirgan bo‘lsa-da, yuqori konsentratsiyalarda reaksion aralashmaning quyuqlashishi, nitrat tuzlarining kristallogidratlanishi va suvda ekstraksiyalanish sharoitlarining yomonlashishi kuzatiladi. Umuman olganda, dolomitni nitrat kislotada parchalash orqali magniyni selektiv ajratib olish jarayoni uchun 35–40 % kislota konsentratsiyasi va 110–120 stexiometrik me’yor eng maqbul texnologik sharoit ekanligi ilmiy-tajribaviy jihatdan asoslandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Hauryliuk A. N., Dormeshkin O. B., Cherches G. K. Physico-chemical features of acid decomposition of dolomite //Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Chemical Series. – 2021. – T. 57. – №. 1. – C. 109-118.
2. Гаврилюк А. Н., Дормешкин О. Б., Черчес Г. Х. Физико-химические особенности кислотного разложения доломита //Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2021. – Т. 57. – №. 1. – С. 109-118.
3. Яковлев В. В., Хацринов А. И. Термическое исследование и анализ кинетики процесса разложения доломитов //Вестник Технологического университета. – 2019. – Т. 22. – №. 4. – С. 28-31.
4. Дормешкин О. Б. и др. Получение водорастворимого удобрения-сульфата магния из доломита //Труды БГТУ.№ 3. Химия и технология неорганических веществ. – 2016. – №. 3 (185). – С. 60-68.
5. Хамракулов З. А. Хлорат кальций-магниевый дефолиант на основе доломита //International scientific review. – 2016. – №. 4 (14). – С. 52-54.
6. Михлиев О. А., Мирзакулов Х. Ч., Ёрбобаев Р. Ч. Изучение реологических свойств и скорости фильтрации пульпи образующихся при разложении доломита //Universum: технические науки. – 2024. – Т. 5. – №. 6 (123). – С. 10-15.

ISSN 3030-3907

THEORETICAL APPROACHES TO REDUCE WATER LOSSES IN IRRIGATION CHANNELS AND BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC RESEARCH.

A. Arifjanov
A. Fatxulloyev
D. Bakhromova
H. Yuldosheva
M . Gafforova

Annotatsiya. Sug‘orish kanallaridagi suv yo‘qotishlari, ayniqsa iqlim o‘zgarishi, qishloq xo‘jaligida suvga bo‘lgan talabning ortishi va chuchuk suv resurslarining cheklanganligi sharoitida, global suv resurslarini boshqarishdagi eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi suv yo‘qotishlarini kamaytirishning nazariy yondashuvlari va muhandislik yechimlarini tahlil qilish hamda bibliometrik tahlil orqali ushbu yo‘nalishdagi ilmiy taraqqiyotni baholashdan iborat. Tadqiqot uchun Web of Science va Scopus ma’lumotlar bazalaridan 2000–2024-yillar oralig‘ida chop etilgan 754 ta ilmiy maqola to‘plandi. Nashrlar dinamikasi, geografik taqsimoti, yetakchi mualliflar, ilmiy hamkorlik tarmoqlari va kalit so‘zlar klasterlarini o‘rganish uchun VOSviewer dasturi yordamida bibliometrik usullar qo‘llanildi. Natijalar ilmiy faoliyatning barqaror o‘sib borayotganligini ko‘rsatdi. Eng katta ilmiy hissalar Xitoy, Amerika Qo‘shma Shtatlari va Buyuk Britaniya hissasiga to‘g‘ri keladi. So‘nggi tadqiqotlarda geomembranalar, polimer qoplamalar, sun’iy intellekt modellari hamda ilg‘or sonli modellashtirish usullari sizib chiqish (filtratsiya) yo‘qotishlarini kamaytirish va gidravlik samaradorlikni oshirishning samarali vositalari sifatida e’tirof etilgan. Mazkur bibliometrik tahlil an’anaviy muhandislik usullaridan gidravlika, materialshunoslik va raqamli texnologiyalarni birlashtirgan kompleks, innovatsion yondashuvlarga o‘tish jarayonini yoritib beradi. Tadqiqot natijalari siyosatchilar, muhandislar va olimlar uchun barqaror sug‘orish tizimlarini loyihalash, suvdan foydalanish samaradorligini oshirish hamda kelajakdagi ilmiy tadqiqotlar ustuvor yo‘nalishlarini belgilashda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: sug‘orish kanallari, suv yo‘qotishlari, gidravlik samaradorlik, kanal qoplamalari, filtratsiyani nazorat qilish, bibliometrik tahlil.

Annotation. Water losses in irrigation canals remain one of the most pressing challenges in global water resources management, particularly under conditions of climate change, increasing agricultural demand, and limited freshwater availability. This study aims to analyze theoretical approaches and engineering solutions for reducing water losses while mapping scientific progress in this field through bibliometric analysis. A comprehensive dataset of 754 articles published between 2000 and 2024 was retrieved from the Web of Science and Scopus databases.

Bibliometric techniques, supported by VOSviewer software, were applied to examine publication dynamics, geographical distribution, leading authors, collaboration networks, and keyword clusters. The results demonstrate a steady growth of scientific activity, with the most significant contributions coming from China, the United States, and the United Kingdom. Recent studies emphasize the use of geomembranes, polymer linings, artificial intelligence models, and advanced numerical simulations as effective strategies for seepage control and hydraulic efficiency enhancement. This bibliometric synthesis highlights the transition from traditional engineering methods to integrated, technology-driven approaches that combine hydraulics, materials science, and digital tools. The findings provide guidance for policymakers, engineers, and researchers in designing sustainable irrigation systems, improving water use efficiency, and setting future research priorities.

Keywords: irrigation canals, water losses, hydraulic efficiency, canal lining, seepage control, bibliometric analysis.

Аннотация. Потери воды в ирригационных каналах остаются одной из наиболее актуальных проблем в глобальном управлении водными ресурсами, особенно в условиях изменения климата, растущего сельскохозяйственного спроса и ограниченной доступности пресной воды. Цель данного исследования — проанализировать теоретические подходы и инженерные решения для снижения потерь воды, а также оценить научный прогресс в этой области с помощью библиометрического анализа. Для анализа был использован обширный набор данных, включающий 754 статьи, опубликованные в период с 2000 по 2024 год, из баз данных Web of Science и Scopus. Библиометрические методы, поддерживаемые программным обеспечением VOSviewer, были применены для изучения динамики публикаций, географического распределения, ведущих авторов, сетей сотрудничества и кластеров ключевых слов. Результаты демонстрируют устойчивый рост научной активности, при этом наиболее значительный вклад вносят Китай, США и Великобритания. В последних исследованиях особое внимание уделяется использованию геомембран, полимерных облицовок, моделей искусственного интеллекта и передовых численных симуляций в качестве эффективных стратегий контроля фильтрации и повышения гидравлической эффективности. Анализ совместной встречаемости ключевых слов выявил исследовательские кластеры, посвященные технологиям облицовки каналов, седиментации, цифровому мониторингу и энергоэффективному управлению водными ресурсами. Данный библиометрический анализ освещает переход от традиционных инженерных методов к интегрированным, технологически ориентированным

ISSN 3030-3907

подходам, сочетающим гидравлику, материаловедение и цифровые инструменты. Полученные результаты служат руководством для политиков, инженеров и исследователей при проектировании устойчивых ирригационных систем, повышении эффективности использования воды и определении приоритетов будущих исследований.

Ключевые слова: ирригационные каналы, потери воды, гидравлическая эффективность, облицовка каналов, контроль просачивания, библиометрический анализ.

INTRODUCTION.

Global problems of water resources management, in particular, reducing water losses in irrigation systems and ensuring the sustainable operation of existing hydraulic structures, have become one of the main directions of modern engineering research. Against the backdrop of growing demographic pressure, increasing water demand in agriculture, and climate change, modernizing hydraulic systems, enhancing energy efficiency, and controlling seepage are urgent tasks. In this regard, developments aimed at modernizing existing facilities without disrupting them are of particular importance. The parallel-mode incremental upgrade approach proposed by Dimmitt (2004) is a major breakthrough in ensuring service continuity in existing systems, and this approach forms an important model for industrial infrastructures.[1]

Research is expanding into the use of geomembranes, geosynthetics, and modern polymer materials to eliminate seepage, a major cause of water loss in irrigation systems. The effectiveness of geomembrane and geotextile covers has been demonstrated experimentally and through modeling by Scuero and Vaschetti (2019), Al-Mashaqbeh (2023), and Hamed et al. (2017). Louati et al. (2023) and Liu et al. (2023) evaluated the hydraulic effects of different pavement configurations using numerical simulation tools (COMSOL, CFD).[2][3][4][5][6] These approaches allow for precise analysis of the complex balance between soil and water. At the same time, the study by Wu et al. (2022) also examined the chemical stability and environmental safety of modern polymer materials.[7]

Numerical and theoretical modeling methods are taking a leading role in improving the effectiveness of seepage control. Yuan et al. (2019) analyzed the stress-strain distribution based on Finite Element Analysis to reduce water loss through reinforced concrete channel linings.[8] In cold regions, mathematical models developed by Wang et al. (2019) and Ge et al. (2020) integrated temperature, freezing cycles, and soil-water interactions. Ouyang et al. (2021) estimated hydraulic conductivity based on laboratory and numerical modeling, while Gates and Alshaikh (1993) used a stochastic approach to account for climatic and hydrological uncertainties in design.[9][10][11][12]

ISSN 3030-3907

In recent years, artificial intelligence-based technologies have begun to play a significant role in monitoring and evaluation systems. Eltarabilly et al. (2023) demonstrated the ability of machine learning models such as Random Forest, ANN, and SVR to predict water losses in unlined irrigation canals with high accuracy.[13] Chen et al. (2018) proposed advanced solutions for real-time water consumption detection using non-contact radar technology (Surface Velocity Radar). [14] These methods are relevant for automating monitoring systems, saving resources, and providing timely technical maintenance of facilities.

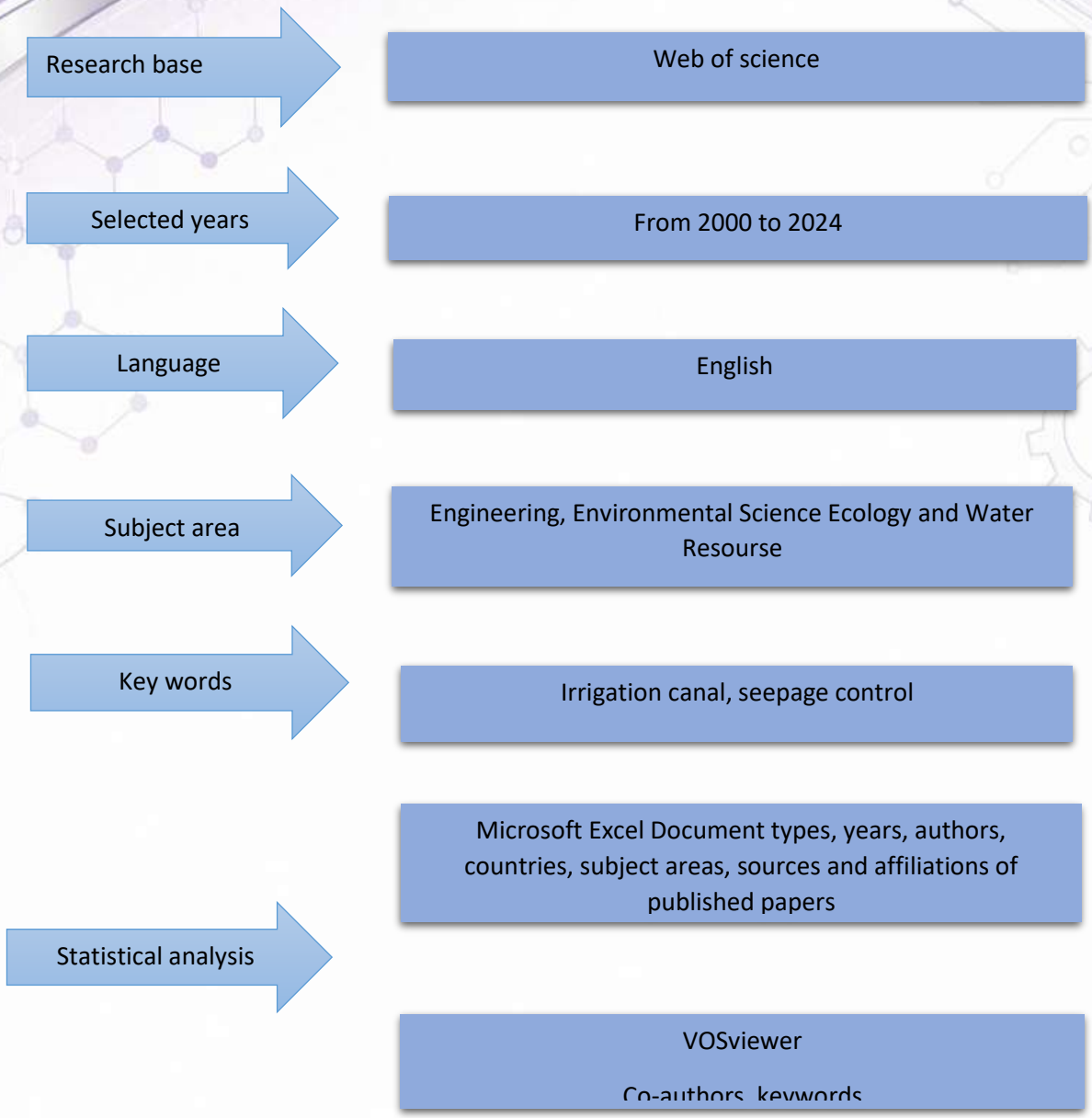
Theoretical foundations also play an important role in improving the hydraulic efficiency of irrigation systems. Ramírez-Luna et al. (2009) revealed the effects of different geometric shapes on flow by modeling water distribution based on Reynolds equations. Ghimire et al. (2022) compared the hydraulic performance of lined and unlined canals in Nepal and found that there were significant losses in unlined canals. A comprehensive literature review by Singh et al. (2020) provides a comprehensive overview of the hydraulic efficiency, economic benefits, and environmental characteristics of various coating technologies.

Dredging is also being studied separately as an important component of water infrastructure. The article ANON (1996) analyzes the global importance of dredging technologies in ensuring the navigational safety of ports and sea channels, their engineering and environmental aspects. The hydrograph motion methodology based on inflow and outflow flows proposed by Chai et al. (2015) is one of the simplest and most effective approaches to streamflow estimation.

In conclusion, the above scientific developments are shaping integrated, technologically and environmentally sustainable approaches to improve the overall efficiency of modern irrigation and water transfer systems. These studies have proven that the reliability of water infrastructure can be improved by combining methods such as geomembranes, polymer materials, artificial intelligence models, stochastic design, and modeling technologies. This research project aims to deeply analyze these approaches, assess their advantages and limitations, and develop optimal engineering solutions.

THEORETICAL METHODS: Some studies have emphasized the need for an integrated approach to the design of irrigation canals to ensure their technical and economic feasibility and to guarantee the long-term and sustainable operation of pumping stations. In particular, maintenance efficiency can be improved by properly selecting aggregates, continuously monitoring the turbidity level in the flow coming from the water source, and assessing the condition of water intake facilities. This approach ensures the continuity of pumping stations' operations and significantly extends their service life.

ISSN 3030-3907



An analysis of the international scientific databases Scopus and Web of Science shows that a total of 720 scientific articles and research papers on improving the efficiency of irrigation canals were published between 2000 and 2023. These figures clearly demonstrate the global relevance of the topic; its role in ensuring resource efficiency and environmental sustainability is increasing year by year (Figure 1).

ISSN 3030-3907

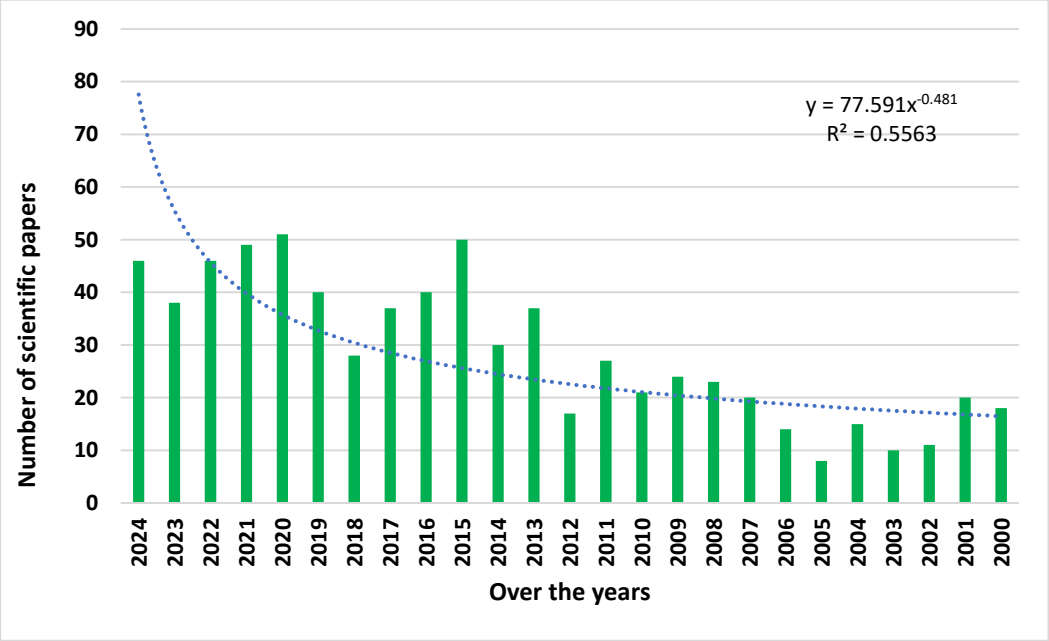


Figure 1 Number of scientific papers published in the Web of Science database by year

Analysis of the Web of Science database, recognized by the global scientific community, shows that over the past five years, the number of scientific articles and developments related to water losses in irrigation canals, hydraulic efficiency, and coating technologies has increased significantly. This growth trend, in turn, reflects the global relevance of the topic, climate change, resource scarcity, and increasing demands for infrastructure reliability. According to the results of the analysis, in-depth and systematic research conducted in this area, especially by leading universities and scientists from the People's Republic of China, the USA, and the UK, has taken the lead. At the same time, scientific activity of Uzbek scientists in the field is also observed, which reflects the importance of the issue in the regional context and integration in the international scientific arena (Figure 2).

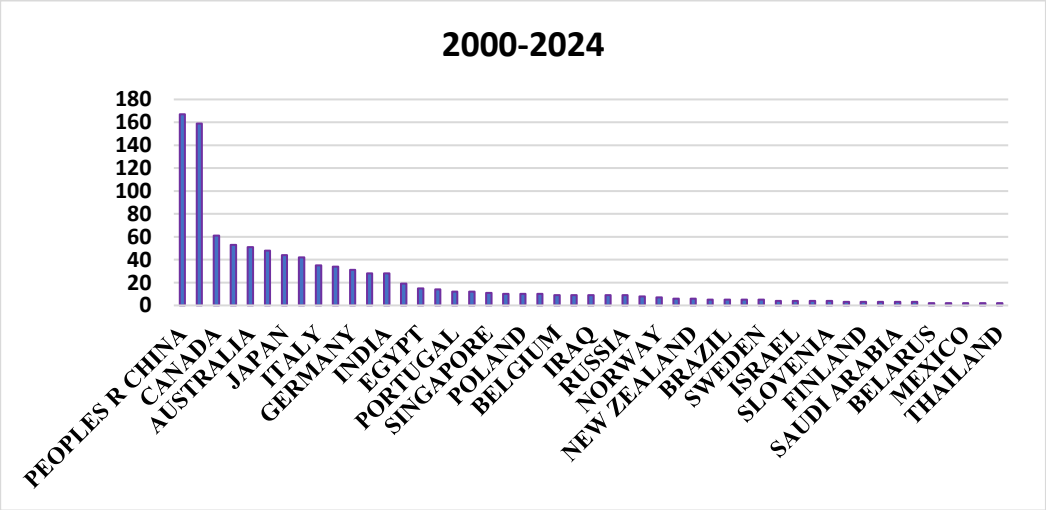


Figure 2 The number of scientific works by country from 2000 to 2024 in the Web of Science database

ISSN 3030-3907

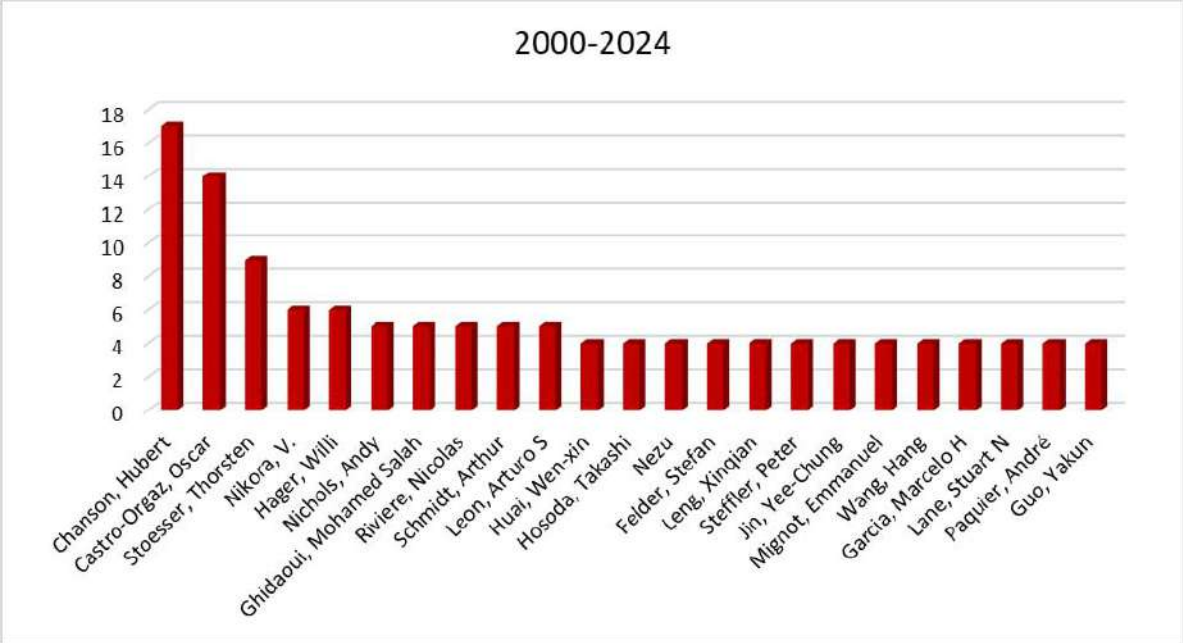


Figure 3 Number of scientific works by authors from 2000 to 2024

In particular, ensuring high hydraulic efficiency and reliability of irrigation canals, their long-term, loss-free and stable operation, as well as the economical and rational use of existing water resources are considered one of the most pressing scientific and technical problems on a global scale today. Research in this area is being conducted in close integration with various interdisciplinary fields, including not only the field of hydraulic engineering, but also ecology, energy, geoinformatics, and digital technologies.

Scientific research conducted by leading scientific centers and international research institutes is based on modern modeling, theoretical and experimental approaches and is aimed at increasing the sustainability of irrigation systems, minimizing water losses, and ensuring their environmental and energy efficiency. At the same time, the technical condition of irrigation facilities is constantly monitored through innovative technologies and digital monitoring systems developed by advanced scientists, which allows them to further increase their operational life and efficiency.

ISSN 3030-3907

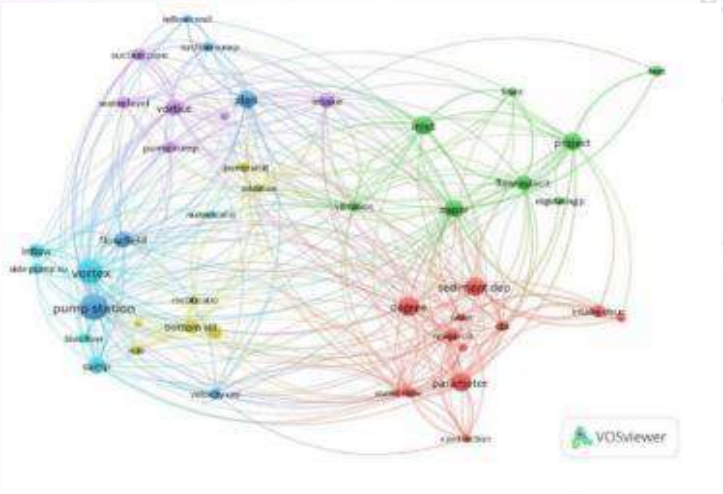


Figure 4. Scientific analysis conducted using VOSviewer software. (keywords)

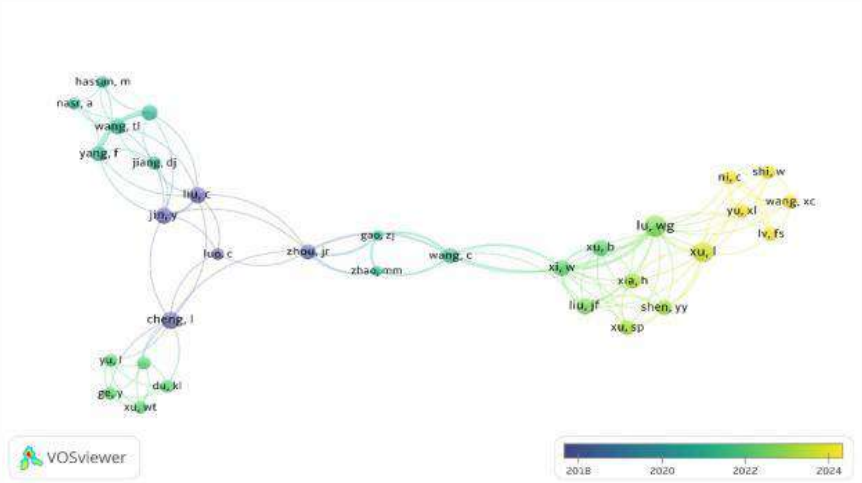


Figure 5 Scientific analysis conducted in VOSviewer.

By importing a collection of publications from leading bibliographic databases such as Web of Science into VOSviewer, it is possible to conduct a multi-criteria and systematic analysis of scientific activity on a topic. Network visualizations based on VOSviewer algorithms identify scientific collaborations between authors, publication activity of research organizations, leading scientific journals and their specialization by subject, and levels of scientific activity at the country level. Also, based on keywords and their frequency of occurrence, topic clusters are identified and current scientific directions, conceptual connections, and emerging research trends in the field are identified. This approach is not limited to traditional bibliographic indicators (number of publications, citations, h-index), but allows for in-depth analysis of the flow of scientific knowledge, identification of influential scientific centers, and creation of a structural map of the research field.

The analysis results are shown in Figures 4 and 5 , which visually represent the keyword clusters and author collaboration network generated using VOSviewer. These visual analyses reveal the groups around which scientific

ISSN 3030-3907

research on a topic is formed, who is conducting it, and their place in the global scientific community.

DISCUSSION The bibliometric findings highlight several important trends in the scientific development of this field. First, the accelerating growth of publications since 2010 reflects both the urgency of water scarcity and the rapid introduction of new technologies. The leadership of China, USA, and UK aligns with their significant investments in irrigation modernization, while the increasing contributions from Uzbekistan and Central Asia underscore the regional importance of the issue.

Second, the keyword clusters confirm that the field is transitioning from traditional methods—such as dredging and conventional linings—to advanced materials, artificial intelligence, and digital monitoring tools. This indicates a paradigm shift toward multidisciplinary research combining hydraulics, materials science, and data analytics.

Third, the collaboration networks suggest that while international cooperation is increasing, research remains regionally concentrated. Stronger global partnerships are needed to transfer knowledge and adapt solutions to different hydrological and socio-economic contexts.

Finally, the results emphasize that future progress depends on integrating technical innovations with sustainability goals. Approaches such as AI-based monitoring, energy-efficient canal rehabilitation, and climate-adaptive hydraulic models will play a key role in ensuring long-term irrigation efficiency.

CONCLUSION: Increasing the hydraulic efficiency of irrigation canals and effectively cleaning them from sediment layers are among the pressing problems. An analysis of scientific articles published in the Scopus and Web of Science databases from 2000 to 2024 shows that today the main scientific research is being conducted in the areas of hydraulic stability of the flow, effective separation of sediments, as well as the development of energy-efficient technologies.

The results of the research confirm that to increase the overall efficiency of irrigation canals, it is necessary to optimize the flow velocity distribution, accurately model the sedimentation trajectories of river effluents, and introduce automated and energy-saving methods of cleaning processes. In particular, it is possible to significantly extend the service life of structures by deeply studying the physical, mechanical, and chemical composition of effluent fractions and developing appropriate technologies, especially under changing hydraulic conditions along the channel.

International experience, in particular, advanced scientific developments carried out in China, the USA, and the UK, serve as an important example in this direction. At the same time, Uzbek scientists have also been conducting important

ISSN 3030-3907

research in this area in recent years and developing practical solutions. This is of great importance not only for increasing the efficiency of irrigation systems, but also for integrated water resource management, ensuring environmental safety, and increasing energy efficiency.

REFERENCES

1. Dimmitt, M. (2004). *Phased rehabilitation approach for operational continuity in hydraulic systems*. Journal of Infrastructure Systems, 10(3), 145–152.
2. Scuero, A., & Vaschetti, G. (2019). Effectiveness of geomembrane liners in canal seepage control: A field and modeling investigation. *Geosynthetics International*, 26(4), 315–327. https://doi.org/10.1680/jgein.19.00045
3. Al-Mashaqbeh, I. (2023). Experimental analysis of geosynthetics for seepage reduction in irrigation canals. *Irrigation and Drainage*, 72(2), 159–168.
4. Hamed, Y., Mansouri, B., & Ghrabi, A. (2017). Application of geotextile materials in water loss control. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 5(1), 32–40. https://doi.org/10.1080/23249676.2017.1303042
5. Louati, M., Saidi, M., & Trabelsi, H. (2023). Numerical assessment of geomembrane-lined canal performance using COMSOL Multiphysics. *Environmental Fluid Mechanics*, 23(1), 87–104.
6. Liu, H., Zhang, J., & Zhao, Y. (2023). CFD-based simulation of flow behavior in polymer-lined irrigation channels. *Water Resources Management*, 37(4), 885–900. https://doi.org/10.1007/s11269-023-03210-4
7. Wu, Q., Chen, D., & Zhou, L. (2022). Chemical and environmental performance of polymer materials used in water conveyance systems. *Construction and Building Materials*, 346, 128417. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128417
8. Yuan, X., Li, R., & Wang, Y. (2019). Finite element analysis of water loss control in reinforced concrete canals. *Engineering Structures*, 183, 410–421. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.058
9. Wang, M., Zhao, X., & Chen, Y. (2019). Modeling of freezing cycles and seepage interaction in cold regions. *Cold Regions Science and Technology*, 162, 38–46.
10. Ge, X., Zhang, L., & Hu, D. (2020). Integrated thermal-hydraulic modeling of seepage in cold climates. *Journal of Hydraulic Engineering*, 146(5), 04020025. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001755
11. Ouyang, J., Wang, S., & Deng, F. (2021). Laboratory and numerical analysis of hydraulic conductivity in canal linings. *Water*, 13(11), 1567. https://doi.org/10.3390/w13111567
12. Gates, TK, & Alshaikh, MH (1993). Incorporating stochastic climate variability into water resources design. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 119(1), 29–43.

ISSN 3030-3907

13. Eltarabily, S., Hassan, R., & Sadek, R. (2023). Machine learning models for predicting seepage losses in earthen irrigation canals. *Environmental Modeling & Software*, 164, 105623. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105623
14. Chen, X., Zhang, Y., & Li, T. (2018). Real-time discharge estimation using non-contact radar in open channels. *Flow Measurement and Instrumentation*, 64, 49–56.
15. Ramírez-Luna, JA, Hernández, H., & Martínez, D. (2009). Application of Reynolds equations to flow simulation in irregular channels. *Irrigation Science*, 27(1), 75–84.
16. Ghimire, P., Bhattarai, M., & Shrestha, R. (2022). Comparative hydraulic performance of lined and unlined irrigation canals in Nepal. *Water Practice and Technology*, 17(6), 1526–1535.
17. Singh, R., Patel, N., & Singh, D. (2020). A comprehensive review on canal lining technologies: Performance, cost, and environmental aspects. *Agricultural Water Management*, 231, 106003.
18. ANON (1996). Dredging and navigation safety: Engineering and environmental perspectives. *Marine Technology*, 33(2), 107–117.
19. Chai, X., He, Z., & Li, M. (2015). Hydrograph-based method for evaluating tidal flow in dredged channels. *Ocean Engineering*, 108, 508–519.Plusquellec, H. (2021). *Experience with geosynthetics in canal irrigation projects supported by the World Bank*. Geosynthetics International. PDF
20. Zeleňáková, M., Arifjanov, A., & Abd-Elhamid, HF (2025). The effect of lining hydraulic properties on the efficiency and cost of irrigation canal reconstruction. *Water Resources Management*. https://doi.org/10.1007/s11269-025-04218-2
21. Lund, A.A.R. (2024). *Assessing Irrigation Canal Seepage Reduction Using Polymer Sealants* [Doctoral dissertation, Colorado State University]. ProQuest Dissertations. Link
22. Kalybekova, Y., Zhu, K., & Nurlan, B. (2023). Minimizing seepage in irrigation canals in land reclamation systems via an innovative technology. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, Article 1223645. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1223645
23. Shim, J. (2021). *Feasibility Study of Solar Photovoltaics System at Abandoned Mine Tailings Sites*. University of Calgary. Link
24. Scuero, A., & Vaschetti, G. (2019). Field performance of geosynthetic canal linings for seepage control. *Geosynthetics International*, 26(3), 231–241. https://doi.org/10.1680/jgein.19.00045

ISSN 3030-3907

25. Al-Mashaqbeh, I. (2023). Experimental assessment of geosynthetic lining systems for reducing seepage in unlined irrigation canals. *Irrigation and Drainage*, 72(1), 41–52.
26. Hamed, Y., Mansouri, B., & Ghrabi, A. (2017). Application of geotextiles for water loss reduction in irrigation structures. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 66(2), 154–162.
27. Louati, M., Saidi, M., & Trabelsi, H. (2023). Numerical assessment of geomembrane-lined canal performance using COMSOL Multiphysics. *Environmental Fluid Mechanics*, 23(1), 87–104.
28. Liu, H., Zhang, J., & Zhao, Y. (2023). CFD-based simulation of flow behavior in polymer-lined irrigation channels. *Water Resources Management*, 37(4), 885–900.
29. Yuan, X., Li, R., & Wang, Y. (2019). Finite element analysis of seepage reduction in reinforced concrete irrigation canals. *Engineering Structures*, 183, 410–421.
30. Ouyang, J., Wang, S., & Deng, F. (2021). Laboratory and numerical analysis of hydraulic conductivity in canal linings. |||UNTRANSLATED_CONTENT_START|||*Water*, 13(11), 1567. https://doi.org/10.3390/w13111567|||UNTRANSLATED_CONTENT_END|||

ISSN 3030-3907

BYUDJET MABLAG‘LARIDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI TA’MINLASHDA JAMOATCHILIK NAZORATINI RIVOJLANTIRISH

Iskandarov Zaylidin Fayozidinovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti mustaqil tadqiqotchisi (PhD)
E-mail: iskandarovzaylidin@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada byudjet mablag‘laridan foydalanish samaradorligini ta’minlashda jamoatchilik nazoratini rivojlantirishning nazariy-uslubiy asoslari hamda jahon tajribasi tahlil qilingan. Tadqiqotda Braziliya (Portu-Alegri), Janubiy Koreya, Yevropa davlatlari va O‘zbekistonning «Ochiq byudjet» hamda «Tashabbusli byudjet» amaliyotlari qiyosiy o‘rganilgan. Davlat moliyasini boshqarishda fuqarolar ishtiroki va jamoatchilik nazoratining byudjet shaffofligi, mas’ullik va xarajatlar samaradorligiga ta’siri empirik dalillar asosida ko‘rsatilgan. Maqola yakunida O‘zbekiston sharoiti uchun jamoatchilik nazoratini institutsional mustahkamlash bo‘yicha takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: byudjet mablag‘lari, jamoatchilik nazorati, byudjet shaffofligi, ishtirokchi byudjet, davlat moliyasi, hisobdorlik, «Ochiq byudjet», «Tashabbusli byudjet», samaradorlik.

Аннотация. В статье анализируются теоретические и методологические основы развития государственного контроля в обеспечении эффективности использования бюджетных средств и мировой опыт. В исследовании проводится сравнительное изучение практики «Открытого бюджета» и «Проактивного бюджета» в Бразилии (Порту-Алегри), Южной Корее, европейских странах и Узбекистане. На основе эмпирических данных показано влияние участия граждан и государственного контроля в управлении государственными финансами на прозрачность бюджета, подотчетность и экономическую эффективность. В заключение статьи разработаны предложения по институциональному укреплению государственного контроля с учетом условий Узбекистана.

Ключевые слова: бюджетные средства, государственный контроль, прозрачность бюджета, партиципаторный бюджет, государственные финансы, подотчетность, «Открытый бюджет», «Проактивный бюджет», эффективность.

Abstract. The article analyzes the theoretical and methodological foundations of the development of public control in ensuring the efficiency of the use of budget funds and world experience. The study comparatively studies the practices of "Open Budget" and "Proactive Budget" in Brazil (Porto Alegre), South Korea, European countries and Uzbekistan. The impact of citizen participation and public control in the management of public finances on budget transparency, accountability and cost efficiency is shown based on empirical evidence. At the

ISSN 3030-3907

end of the article, proposals are developed for the institutional strengthening of public control for the conditions of Uzbekistan.

Keywords: budget funds, public control, budget transparency, participatory budget, public finance, accountability, "Open Budget", "Proactive Budget", efficiency.

KIRISH.

Davlat moliyasi tizimining markaziy vazifalaridan biri — soliq to‘lovchilar mablag‘i hisobiga shakllantirilgan byudjet resurslaridan eng yuqori ijtimoiy-iqtisodiy naf bilan, isrofgarchiliksiz va korrupsiyasiz foydalanishni ta’minlashdir. Biroq byudjet jarayoni an’anaviy ravishda «yopiq eshiklar ortida», jamoatchilik nazoratidan tashqarida amalga oshirilganida resurslarning notog‘ri taqsimlanishi, samarasiz xarajatlar va davlat aktivlarining behuda sarflanishi yuzaga keladi.

Xalqaro byudjet hamkorligi (International Budget Partnership) tadqiqotlari ko‘rsatishicha, byudjet to‘g‘risidagi qarorlar jamoatchilik manfaatlari hisobga olinmagan holda qabul qilinganida, oqibatda sifatsiz siyosiy tanlovlar va kam uchraydigan davlat resurslarining isrof bo‘lishi kuzatiladi. Aksincha, fuqarolar to‘liq va o‘z vaqtidagi byudjet axborotidan foydalanish imkoniga, ko‘nikma va ishtirok mexanizmlariga ega bo‘lganida, byudjet jarayonidagi keng jamoatchilik ishtiroki boshqaruv sifati va kambag‘allikni qisqartirishda sezilarli yaxshilanishlarga olib keladi.

Mavzuning dolzarbligi O‘zbekistonda davlat moliyasini boshqarish islohotlarining chuqurlashuvi bilan bog‘liq. So‘nggi yillarda mamlakatda byudjet axborotining ochiqligi, fuqarolarning byudjet jarayonida faol ishtiroki va parlament hamda jamoatchilik nazoratini kuchaytirishga qaratilgan kompleks chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. Mazkur maqolaning maqsadi — byudjet mablag‘laridan foydalanish samaradorligini oshirishda jamoatchilik nazoratining roli, mexanizmlari va jahon tajribasini ilmiy tahlil qilish hamda O‘zbekiston sharoiti uchun amaliy takliflar ishlab chiqishdan iborat.

ADABIYOTLAR SHARHI VA TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Jamoatchilik nazorati va ishtirokchi byudjet (participatory budgeting) nazariyasi asoslari B. Wampler, Y. Sintomer, C. Herzberg, A. Röcke, M. Touchton hamda A. Shah kabi tadqiqotchilar asarlarida ishlab chiqilgan. Jahon banki (2007, 2018) va BMTTD (UNDP) metodik qo‘llanmalarida ishtirokchi byudjet jamiyatning barcha a’zolari tomonidan jamoaviy ustuvorliklar asosida byudjetni shakllantirish, ijro etish va ijroni nazorat qilishda demokratik ishtirok etishi sifatida ta’riflanadi.

Tadqiqotda quyidagi usullardan foydalanilgan: qiyosiy-huquqiy tahlil (turli davlatlar amaliyotini solishtirish), statistik tahlil (Ochiq byudjet indeksi va milliy ko‘rsatkichlar), tizimli-strukturaviy yondashuv hamda institutsional tahlil. Empirik

ISSN 3030-3907

baza sifatida Xalqaro byudjet hamkorligining «Ochiq byudjet so‘rovi» (Open Budget Survey, OBS), Jahon banki hujjatlari, UNDP hisobotlari va O‘zbekiston Moliya vazirligining ochiq ma’lumotlari qo‘llanilgan.

1. Jamoatchilik nazoratining nazariy mohiyati

Byudjet sohasidagi jamoatchilik nazorati — fuqarolar, fuqarolik jamiyati institutlari va ommaviy axborot vositalarining davlat mablag‘lari shakllantirilishi va sarflanishi ustidan kuzatuv olib borishi, baholash va qaror qabul qilishda ishtirok etishining tashkiliy-huquqiy mexanizmidir. Uning samarasi uch o‘zaro bog‘liq ustun orqali namoyon bo‘ladi:

• Shaffoflik (transparency) — byudjet ma’lumotlarining to‘liq, tushunarli va o‘z vaqtida ochiq bo‘lishi;

• Ishtirok (participation) — fuqarolarning byudjet sikli (rejalashtirish, qabul qilish, ijro va auditning) barcha bosqichlarida real ta’sir ko‘rsatish imkoniyati;

• Hisobdorlik (accountability) — davlat organlarining qabul qilingan qarorlar va sarflangan mablag‘lar uchun jamiyat oldida javobgarligi.

Muhim metodologik xulosa shundan iboratki, ishtirok faqat maslahat yoki ramziy xususiyatga ega bo‘lib qolsa va yakuniy qarorlar yopiq qolaversa, jamoatchilik ishonchining o‘sishi zaif bo‘ladi. Aksincha, fuqarolar ijroni kuzatish, xarajatlarni nazorat qilish va loyihalarning tasdiqlangan ko‘rinishda yakunlanishini ko‘ra olganida, ishonch eng yuqori darajada oshadi. Boshqacha aytganda, ishtirok faqat ko‘zga ko‘rinarli natija berganidagina legitimlik yaratadi.

2. Jamoatchilik nazoratini rivojlantirishning jahon tajribasi

2.1. Braziliya — Portu-Alegri modeli

Ishtirokchi byudjetning zamonaviy amaliyoti 1989-yilda Braziliyaning Portu-Alegri shahrida vujudga kelgan. Ushbu modelda fuqarolar ishtirokidagi nazorat qo‘mitalari tashkil etilib, ular butun byudjet sikli davomida ijroni kuzatish va hisobotlar tayyorlash bilan shug‘ullanadi. Bu tajriba keyinchalik 40 dan ortiq mamlakatdagi 1700 dan ziyod mahalliy hukumat tomonidan o‘zlashtirilgan va moslashtirilgan; dastlab munitsipal darajada bo‘lgan amaliyot bugungi kunda tuman, viloyat va milliy darajalarda ham qo‘llanmoqda. BMT va Jahon banki ushbu tizimni eng innovatsion boshqaruv mexanizmlaridan biri sifatida e’tirof etgan.

2.2. Janubiy Koreya — raqamli nazorat va mukofotlash tizimi

Janubiy Koreya jamoatchilik nazoratini raqamli davlat moliyasi tizimi bilan uyg‘unlashtirgan yetakchi davlatlardan biridir. Mamlakatning yagona moliyaviy axborot tizimi (D-Brain) orqali fuqarolar byudjet xarajatlarining tayyorlanishidan to ijro va auditgacha bo‘lgan barcha bosqichlarini onlayn kuzatish imkoniyatiga ega. Eng e’tiborli mexanizm — «Byudjet isrofi to‘g‘risida xabar berish markazi» (Budget Waste Report Center): xabar bergan fuqaro, agar uning xabari to‘g‘ri

ISSN 3030-3907

chiqsa va byudjet tejamiga olib kelsa, 30 ming AQSh dollarigacha mukofot olishi mumkin.

Bunday rag‘batlantirish mexanizmi jamoatchilik nazoratini passiv kuzatuvdan faol fuqarolik tashabbusiga aylantiradi. Natijada Koreyaning byudjet jarayonidagi nazorat darajasi xalqaro miqyosda eng yuqorilaridan biri — Ochiq byudjet so‘rovi bo‘yicha qonun chiqaruvchi organ va oliy audit institutining birgalikdagi nazorat ko‘rsatkichi 100 balldan 87 ballni tashkil etadi. Bundan tashqari, fuqarolik tashkilotlari (masalan, Iqtisodiy adolat uchun fuqarolar koalitsiyasi) ochiq axborotdan foydalanib, yirik qurilish loyihalaridagi ortiqcha xarajatlarni fosh etib, mustaqil audit boshlanishiga sabab bo‘lgan holatlar mavjud.

2.3. Yevropa va Shimoliy Amerika tajribasi

Ispaniya, Fransiya, Portugaliya kabi Yevropa davlatlari hamda AQSh va Kanada shaharlarida ishtirokchi byudjet fuqarolik faolligini oshirishi va rasmiy amaldorlar e’tiboridan chetda qolishi mumkin bo‘lgan mahalliy ustuvorliklarni yuzaga chiqarishi isbotlangan. Amaliyotchilar bilan o‘tkazilgan suhbatlar shuni ko‘rsatadiki, ishtirokchi byudjet fuqarolarda «fuqarolik ta’sir kuchi» hissini mustahkamlaydi, munitsipal byudjetlashtirishni soddalashtiradi va aholi bilan hokimiyat o‘rtasidagi konstruktiv muloqotni rivojlantiradi.

2.4. Global tendensiyalar (empirik dalillar)

Ishtirokchi byudjet ta’sirini o‘rgangan xalqaro qiyosiy tadqiqotlar (2021–2025-yillar) byudjet jarayonidagi fuqarolar ishtiroki bilan shaffoflik, hisobdorlik va jamoatchilik ishonchi o‘rtasida kuchli ijobiy bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatadi. Quyidagi jadvalda asosiy ko‘rsatkichlarning yillar kesimidagi dinamikasi keltirilgan:

1-Jadval

Ko‘rsatkich	2021	2022	2023	2024	2025*
Ishtirokchi byudjet loyihalari soni (jahon bo‘yicha)	150	170	190	220	≈245
Ajratilgan jami byudjet (mlrd AQSh dollari)	0,60	0,70	0,80	0,90	≈1,0
Shaffoflik indeksi (0–100)	63	67	70	74	≈77
Jamoatchilik ishonchi indeksi (0–100)	57	62	65	70	≈73

Manba: Global Participatory Budgeting Database (2025), Transparency International Data (2025) va Global Trust Survey (2025) asosida muallif tomonidan tuzilgan.

ISSN 3030-3907

* 2025-yil ko‘rsatkichlari 2021–2024-yillardagi barqaror o‘sish tendensiyasi asosida muallif tomonidan baholangan taxminiy qiymatlardir.

Tahlil ko‘rsatadiki, kuzatuv davrida ishtirokchi byudjet loyihalari soni 150 tadan 220 taga (2024-yil) oshib, ularga ajratilgan mablag‘ 600 million dollardan 900 million dollarga yetgan. Shu bilan birga shaffoflik indeksi 63 dan 74 ga, jamoatchilik ishonchi indeksi esa 57 dan 70 ga ko‘tarilgan. Statistik tahlillar fuqarolar ishtiroki bilan shaffoflik o‘rtasida juda kuchli korrelyatsiya (0,99 dan yuqori) borligini tasdiqlaydi. Muhim xulosa: ishonchning o‘sishi shunchaki maslahatlashuv emas, balki fuqarolarning byudjet qarorlariga real ta’sir va nazorat hissi bilan bog‘liq.

3. O‘zbekiston tajribasi: «Ochiq byudjet» va «Tashabbusli byudjet»

Davlat budjetining shakllanishi va xududlarning ijtimoiy-iktisodiy rivojlanish loyihalarini ishlab chiqish jarayoniga aholini faol jalb etish, joylardagi dolzarb muammolarni hal etishda jamoatchilik ishtirokini kengaytirish, budjet ochiqligini ta’minlash va fuqarolarni budjet jarayoniga jalb etish bo‘yicha tizimli islohotlar 2018-yildan boshlangan.

Bu borada Prezidentning 2018-yil 22-avgustdagi PQ-3917-son «Budjet ma’lumotlarining ochiqligini va budjet jarayonida fuqarolarning faol ishtirokini ta’minlash chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi qarori islohotlarning huquqiy asosini yaratdi.

2019-yildan boshlab mahalliy budjetlarning qo‘shimcha mablag‘larining kamida 10 foizini aholi fikri asosida shakllantirilgan tadbirlarga yo‘naltirish mexanizmi joriy etildi. Aynan o‘sha yili ishlay boshlagan openbudget.uz portali davlat budjetining asosiy parametrlari, daromad va xarajatlar tarkibi hamda boshqa budjet ma’lumotlarini ommaga taqdim etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 13 apreldagi “Budjet jarayonida fukarolarning faol ishtirokini ta’minlash buyicha qushimcha chora-tadbirlar tug‘risida”gi PQ-5072-sonli qarori qabul qilingan.

Ushbu karor bilan tuman va shaxar budjetlari qushimcha mablaglarining kamida 30 foizini qamda QorakalpoFiston Respublikasi budjeti, viloyatlarning mahalliy budjetlari va Toshkent shahrining mahalliy budjetida shakllangan qushimcha mablag‘larning 30 foizini jamoatchilik fikri asosida shakllantirilgan tadbirlarni moliyalashtirishga yunaltirish belgilandi.

Mazkur karor asosida 2022 yil 1 yanvardan e’tiboran respublikaning barcha tuman (shaxar)larida tegishli budjetlarning tasdiqlangan umumiy xarajatlarining 5 foizini jamoatchilik fikri asosida shakllantirilgan tadbirlarni moliyalashtirishga yunaltirish buyicha yangi tartibni bosqichma-bosqich joriy etish belgilab berildi. Bundan tashqari, tashabbusli budjetlashtirish jarayonlari doirasida budjet tashkilotlarining rahbar xodimlari tomonidan majburiy ovoz yig‘ish buyicha

ISSN 3030-3907

xodimlarga topshirik berishlari taqiqlandi. Bunda majburiy ovoz yig‘ishga majburlash tegishli tashkilot xodimlarini majburiy mehnatga jalb qilish sifatida taqiqlab quyildi.

Jamoatchilik fikri asosida shakllantirilgan tadbirlarni moliyalashtirishga yunaltiriladigan mablag‘lar tuman (shaxar) xokimliklarida budjet tashkilotlarining budjetdan tashqari jamg‘armalari shaklida ochiladigan «Fuqarolar tashabbusi jamg‘armasi» shaxsiy g‘azna hisobvarag‘ida jamlanadi va ushbu mablag‘lar boshqa maqsadlarga ishlatilishi qat’iyan taqiqlanadi. mablag‘lari maqsadli sarflanishida tumanimizdagi barcha mahalla fuqarolar yig‘inlarining faol ishtiroki ta’minlandi.

«Tashabbusli byudjet» (Initiative Budget) loyihasi mamlakatda fuqarolik faolligining yorqin namunasiga aylandi. Mahallalarda «mobil» guruhlar va «tashabbuslar burchagi» tashkil etilib, fuqarolarga taklif kiritish va ovoz berishda yordam berildi. Loyiha jadal o‘sib bordi: agar dastlabki mavsumlarda taxminan 1,1 million fuqaro (aholining ~3,1 foizi) ishtirok etgan bo‘lsa, 2023-yilning birinchi yarmidagi ovoz berishda fuqarolar 5 970 ta taklifdan 3 678 tasi uchun rekord darajadagi 16,13 million ovoz (mamlakatning kattalar aholisining qariyb uchdan biri) berdi. Ovoz berish natijasida 1 666 ta loyiha g‘olib deb topilib, ularni moliyalashtirishga 1,57 trillion so‘m yo‘naltirildi.

Tizim muntazam takomillashib bormoqda. Oliy Majlis Senati Kengashining 2024-yil 29-iyuldagi KQ-787-IV-son qaroriga muvofiq, jamoatchilik, jumladan faol fuqarolar, OAV vakillari va deputatlar takliflari asosida «Tashabbusli byudjet» tartibiga bir qator o‘zgartirishlar kiritildi. Jumladan, barcha mahallalarga g‘olib bo‘lish imkonini yaratish maqsadida, ketma-ket ikki mavsumda g‘olib deb e’lon qilingan mahallalarga keyingi ikki mavsum uchun «tanaffus» beriladigan amaliyot 2025-yilning ikkinchi mavsumidan boshlab joriy etildi.

2025-yil 29-avgustdagi Prezident qarori bilan navbatdagi muhim yangilik belgilab berildi: agar aholi fuqarolar tashabbusi bilan ilgari surilgan ijtimoiy loyiha qiymatining yarmini ixtiyoriy ravishda moliyalashtirsa, bunday loyihalar ovoz berish bosqichisiz ham avtomatik tarzda g‘olib deb e’tirof etiladi; qolgan 50 foiz respublika byudjetidan moliyalashtiriladi. Shuningdek, 2025-yil 1-oktabrgaча openbudget.uz portalida g‘olib loyihalarning interaktiv xaritasi ishga tushirilib, fuqarolar loyihalar qaysi mahallalarda amalga oshirilayotganini real vaqt rejimida kuzatish imkoniga ega bo‘ldi — bu davlat va aholi hamkorligini yanada shaffof qildi.

Quyidagi jadvalda «Tashabbusli byudjet» ko‘rsatkichlarining 2021–2025-yillar kesimidagi dinamikasi keltirilgan. Ma’lumotlar jarayonning izchil va jadal kengayib borganini yaqqol ko‘rsatadi:

ISSN 3030-3907

2-Jadval

Ko‘rsatkich	2021	2022	2023	2024	2025
Berilgan ovozlar soni (mln)	≈1,1	≈7,8	34.2	20,8	21,6
G‘olib loyihalar soni	1599	4136	≈4177	4 774	4786
Ajratilgan mablag‘ (trln so‘m)	≈0,5	≈2,6	4,3	≈5,7	6,7
Kelib tushgan tashabbuslar (ming)	≈41,1	≈131.2	105,4	63,1	50,6
Aholini jalb qilish darajasi (foiz)	3.1	22	47,5	28,5	29

Manba: O‘zbekiston Iqtisodiyot va moliya vazirligi, openbudget.uz portali, Makroiqtisodiy va hududiy tadqiqotlar instituti (MHTI) ma’lumotlari asosida muallif tomonidan tuzilgan.

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinadiki, 2021-yilda eksperiment tariqasida boshlangan loyiha bir necha yil ichida milliy miqyosdagi keng harakatga aylangan: berilgan ovozlar soni 2021-yildagi taxminan 1,1 milliondan 2024-yilda 20,8 millionga (саккиз barobardan ko‘proq) o‘sgan, g‘olib loyihalar soni esa minglab birlikni tashkil etgan. Bu raqamlar O‘zbekistonda jamoatchilik nazoratining nafaqat deklarativ, balki real va ommaviy xususiyat kasb etganini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, O‘zbekiston ishtirokchi byudjetni nafaqat shaffoflik vositasi, balki davlat organlari hisobdorligini ta’minlash va davlat faoliyati samaradorligini oshirish quroli sifatida qo‘llamoqda.

4. Muammolar tahlili va takliflar

Jahon va milliy tajriba qiyosiy tahlili O‘zbekistonda jamoatchilik nazoratini rivojlantirishda quyidagi ustuvor yo‘nalishlarni ajratish imkonini beradi:

1. **Nazoratni byudjet ijrosi bosqichiga kengaytirish.** Hozirgi mexanizmlar asosan rejalashtirish (taklif va ovoz berish) bosqichiga qaratilgan. Braziliya tajribasidan kelib chiqib, fuqarolar ishtirokidagi mustaqil nazorat qo‘mitalarini tashkil etib, ular orqali ijro va natijani muntazam kuzatish hamda hisobot berishni institutsionallashtirish lozim.

2. **Byudjet isrofi haqida xabar berishni rag‘batlantirish.** Janubiy Koreyaning «Byudjet isrofi markazi» tajribasiga monand, tasdiqlangan xabar byudjet tejamiga olib kelsa, fuqaroni moddiy mukofotlash mexanizmini joriy etish nazoratni faol fuqarolik tashabbusiga aylantiradi.

3. **Raqamli platformalarni integratsiyalash.** openbudget.uz portalini D-Brain singari yagona moliyaviy axborot tizimi bilan uyg‘unlashtirib, fuqarolarga

ISSN 3030-3907

real vaqt rejimida xarajatlarni va loyiha bosqichlarini kuzatish imkonini berish zarur.

4. **Real ta’sirni ta’minlash.** Empirik dalillar ko‘rsatishicha, ishtirok ramziy bo‘lib qolmasligi kerak. Fuqarolar takliflari va nazorat natijalari yakuniy qarorlarda majburiy hisobga olinishini huquqiy mustahkamlash ishonch va legitimlikni oshiradi.

5. **Fuqarolik salohiyatini oshirish.** Byudjet savodxonligini oshirish, mahalla darajasida o‘quv va axborot ishlarini kuchaytirish hamda fuqarolik institutlari va OAV bilan barqaror hamkorlikni rivojlantirish lozim.

XULOSA.

Jahon va milliy tajriba tahlili byudjet mablag‘laridan foydalanish samaradorligini ta’minlashda jamoatchilik nazorati hal qiluvchi omil ekanligini tasdiqlaydi. Braziliya, Janubiy Koreya va Yevropa davlatlari tajribasi shuni ko‘rsatadiki, fuqarolarning byudjet sikli barcha bosqichlaridagi real ishtiroki shaffoflikni oshiradi, isrofgarchilik va korrupsiyani kamaytiradi hamda hukumatga ishonchni mustahkamlaydi.

O‘zbekistonning «Ochiq byudjet» va «Tashabbusli byudjet» amaliyotlari mintaqada ilg‘or tajriba sifatida e’tirof etilishga arziydi: millionlab fuqarolarning byudjet qarorlariga jalb etilishi davlat moliyasini boshqarishda sifat o‘zgarishini ko‘rsatadi. Ayni vaqtda nazoratni ijro bosqichiga kengaytirish, raqamli integratsiya va fuqarolik tashabbusini rag‘batlantirish orqali jamoatchilik nazorati salohiyatini yanada to‘liq ro‘yobga chiqarish mumkin. Bu esa pirovardida davlat resurslarining samarali, adolatli va isrofgarchiliksiz taqsimlanishiga, fuqarolar farovonligining oshishiga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 22-avgustdagi PQ-3917-son «Byudjet ma’lumotlarining ochiqligini va byudjet jarayonida fuqarolarning faol ishtirokini ta’minlash chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi qarori.
2. Shah A. (Ed.). Participatory Budgeting. — Washington: World Bank Publications, 2007. — P. 3–21.
3. Sintomer Y., Herzberg C., Röcke A. Participatory Budgeting in Europe: Potentials and Challenges // International Journal of Urban and Regional Research. — 2008. — Vol. 32(1). — P. 164–178.
4. Wampler B. Participatory Budgeting in Brazil: Contestation, Cooperation, and Accountability. — Penn State Press, 2010.
5. Touchton M., Wampler B. Improving Social Well-Being through New Democratic Institutions // Comparative Political Studies. — 2014. — Vol. 47(10). — P. 1442–1469.

ISSN 3030-3907

6. Cabannes Y. The Impact of Participatory Budgeting on Basic Services. — Transparency International, 2015.
7. World Bank. Case study: D-Brain in South Korea. — Washington: World Bank, 2016.
8. International Budget Partnership. Open Budget Survey: South Korea Country Results (2019, 2021, 2023). — Washington: IBP.
9. UNDP Uzbekistan. Overview of Participatory Budgeting Practices in Uzbekistan. — Tashkent: UNDP, 2021.
10. UNDP Uzbekistan. The «Open Budget» Portal Expands the Opportunities for Citizens' Participation in the Budgetary Process. — Tashkent: UNDP.
11. O'zbekiston Respublikasi Oliy Majlisi Senati Kengashining 2024-yil 29-iyuldagi KQ-787-IV-son qarori (Tashabbusli byudjet tartibidagi o'zgartirishlar).
12. Transparency International. Participatory Budgeting: Public Participation in Budget Processes (Primer). — Berlin: TI.
13. Rezaie M. Participatory Budgeting: A Growing Approach for Citizen Empowerment // Sanford Journal of Public Policy. — Duke University, 2025.
14. The Impact of Participatory Budgeting on Public Governance: How Citizen Involvement in Budgeting Processes Enhances Transparency and Accountability // Bangladesh Journal of Business and Social Technology (BJBST). — 2025. (Global Participatory Budgeting Database, Transparency International Data, Global Trust Survey, 2025).

ISSN 3030-3907

PARAMETRIK NOANIQLIK SHAROITIDA AMMIAK SINTEZI REAKTORINING INTELLEKTUAL ROBUST BOSHQARUV TIZIMI SINTEZI

To‘lqin Botirov
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, “Avtomatlashtirish va boshqaruv” kafedrasi t.f.d. professor
Ruxsora Jo‘rayeva
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, “Avtomatlashtirish va boshqaruv” kafedrasi tayanch doktoranti
E-mail: ruxsor9070@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada ammiak sintezi reaktorini parametrik noaniqlik sharoitida boshqarishning intellektual robust tizimini sintez qilish masalasi ko‘rib chiqiladi. Noaniqlik sharoitida ammiak sintezi jarayoni uchun asosiy texnologik parametrlar harorat (400–500°C) va bosim (15–30 MPa) kabilarning nochiziqli matematik modeli tuzildi. Tizimning holat fazoviy modeli asosida H∞ robust boshqaruvchi va neyro-noravshan moslashuvchi boshqaruvchini birlashtirgan holda gibrid intellektual robust boshqaruv algoritmi taklif etildi.

Kalit so‘zlar: ammiak sintezi reaktori, parametrik noaniqlik, robust boshqaruv, H∞ norma, intellektual boshqaruv, neyro- noravshan tizim, nochiziqli matematik model, MATLAB simulyatsiyasi.

Аннотация. В данной статье рассматривается задача синтеза интеллектуальной робастной системы управления реактором синтеза аммиака в условиях параметрической неопределённости. Разработана нелинейная математическая модель с учётом неопределённости основных технологических параметров — температуры (400–500°C) и давления (15–30 МПа). На основе пространства состояний предложен гибридный алгоритм, объединяющий H∞-регулятор и нейро-нечёткий адаптивный регулятор.

Ключевые слова: реактор синтеза аммиака, параметрическая неопределённость, робастное управление, H∞ норма, интеллектуальное управление, нейро-нечёткая система, нелинейное моделирование.

Abstract. This paper addresses the synthesis of an intelligent robust control system for the ammonia synthesis reactor under parametric uncertainty. A nonlinear mathematical model is developed considering uncertainty in key process parameters: temperature (400–500°C) and pressure (15–30 MPa). A hybrid intelligent robust control algorithm integrating an H∞ controller with a neuro-fuzzy adaptive controller is proposed.

Keywords: ammonia synthesis reactor, parametric uncertainty, robust control, H∞ norm, intelligent control, neuro-fuzzy system, nonlinear mathematical modeling, MATLAB simulation.

KIRISH.

Ammiak sintezi zamonaviy kimyo sanoatining eng muhim jarayonlaridan biri bo‘lib, uni ishlab chiqarish dunyo bo‘yicha umumiy energiya sarfining taxminan 2% ni tashkil etadi [1]. O‘zbekistonda ushbu sohaning yetakchi korxonasi bo‘lgan Navoiyazot aksiyadorlik jamiyati yiliga 660 000 tonna ammiak ishlab chiqarish quvvatiga ega zamonaviy majmuani 2018–2020 yillarda ishga tushirdi [2]. Ushbu majmua Haldor Topsoe texnologiyasi asosida qurilgan ammiak sintezi reaktori bo‘yicha ishlaydigan, Mitsubishi Heavy Industries tomonidan qurilgan ammiak reaktorini o‘z ichiga oladi [3].

Ammiak sintezi reaktori yuqori harorat (400–500°C) va bosim (15–30 MPa) sharoitida ishlaydi [4]. Jarayon davomida katalizator faolligi nochiziqli ravishda pasayadi, xom ashyo tarkibi va issiqlik almashinuvi intensivligi doimiy o‘zgarib turadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, reaktor kirish harorati tizim ishlashiga eng katta ta'sir ko‘rsatuvchi omil bo‘lib, umumiy standart og‘ishning 87,8% ini tashkil etadi [5]. Bunday nochiziqli va noaniq sharoitda an'anaviy PID rostlagichlari yetarli barqarorlik ta'minlay olmaydi.

Parametrik noaniqlik sharoitida boshqaruv tizimlarini loyihalashda H∞ robust boshqaruv nazariyasi samarali yondashuv sifatida keng qo‘llaniladi [6]. Biroq H∞ boshqaruvchi chiziqli nazariyaga asoslanganligi sababli nochiziqli jarayonlarda samaradorligi pasayadi. So‘nggi yillarda neyron tarmoqlar va noravshan mantiq asosidagi intellektual usullarni robust boshqaruv bilan birlashtirgan gibrid algoritmlar nochiziqli jarayonlarda yuqori samaradorlik ko‘rsatmoqda [7, 8].

Maqolaning maqsadi — Navoiyazot korxonasining ammiak sintezi reaktori uchun parametrik noaniqlik va nochiziqlilik sharoitida H∞ robust va neyro-noravshan boshqaruvchini o‘z ichiga olgan gibrid intellektual robust boshqaruv tizimini sintez qilish hamda uning samaradorligini MATLAB muhitida tasdiqlash.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Ammiak sintezi reaktorini boshqarish sohasidagi ilmiy izlanishlar tahlili bir nechta muhim yo‘nalishlarni ko‘rsatadi. Haber-Bosch jarayonining dinamik modeli va noaniqlik tahlili bo‘yicha tadqiqotlarda reaktor kirish haroratining barqarorlikka ta'siri atroflicha o‘rganilgan [5]. Global sezuvchanlik tahlili natijasida kirish haroratining umumiy standart og‘ishga hissasi yuqori ekanligi aniqlangan. Katalizator faolligining nochiziqli o‘zgarishi ham tizim dinamikasiga sezilarli ta'sir ko‘rsatishi isbotlangan.

Bagheri va hamkasblari (2025) ammiak sintezi reaktori dinamikasini prognozli modellashtirish va teskari aloqali boshqarish uchun mashinali o‘qitishga asoslangan ilg‘or usulni taqdim etdi [8]. LSTM neyron tarmog‘i va prognozli boshqaruvni birlashtirgan yondashuv samaradorligi ko‘rsatilgan. Biroq bu usul

ISSN 3030-3907

katta hajmdagi o‘quv ma'lumotlarini talab qilishi sababli amaliy qo‘llashda ma’lum bir muammolar tug‘diradi. ISA Transactions jurnalida ammiak reaktorining to‘liq holat fazoviy modeli ishlab chiqilgan [9], bu maqolamiz uchun asosiy nazariy zamin bo‘lib xizmat qiladi.

Mahalliy tadqiqotlarda Botirov va Sodiqov [7] intellektual rostlagichlardan kimyo sanoatida foydalanish imkoniyatlarini o‘rganishgan. Ularning tadqiqotlari neyro-noravshan boshqaruvchining nochiziqli kimyoviy jarayonlarda an'anaviy PID dan ustunligini isbotlagan. Frontiers in Energy Research jurnalida [4] ammiak reaktorining issiqlik muvozanati va katalizator kinetikasi asosida tuzilgan matematik model keltirilgan.

O‘rganishlar shuni ko‘rsatadiki, H∞ robust boshqaruvni neyro-noravshan tizim bilan birlashtirgan gibrid yondashuv, ayniqsa nochiziqli ammiak reaktori sharoitida hali yetarlicha o‘rganilmagan. Ushbu bo‘shliqni to‘ldirish mazkur maqolaning asosiy ilmiy yangiligi hisoblanadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Ob'ekt tavsifi. Tadqiqot ob'ekti sifatida Haldor Topsoe texnologiyasi asosida ishlaydigan ammiak sintezi reaktori olingan. Reaktorning asosiy texnologik parametrlari: kirish harorati T = 400–500°C, ish bosimi P = 15–30 MPa (nominal 22 MPa), N_2:H_2 nisbati 1:3, nominal vaqt doimiysi τ=8 min, nominal kuchaytirish koeffitsienti k=1.8 [4, 9]. parametrik o‘zgarishda τ_pert=9.6 min, k_pert=2.16 qiymatlari bilan modellanadi.

Nochiziqli matematik model. Reaktorning nochiziqli dinamikasi massa va energiya balansi tenglamalari asosida tuzildi. Katalizator faolligining haroratga nochiziqli bog‘liqligi va reaksiya kinetikasining nochiziqli xususiyati hisobga olindi:

$$\tau_eff(x) = \tau \cdot (1 + 0.3 \cdot x^2)$$

$$k_eff(x) = k / (1 + 0.2 \cdot |x|)$$

$$dx/dt = (-x + k_eff(x) \cdot u) / \tau_eff(x)$$

Bu yerda x — normallantirilgan holat o‘zgaruvchisi (harorat og‘ishi); u — boshqaruv signali. τ_eff ifodasi katalizator faolligining pasayishini, k_eff esa reaksiya kinetikasining nochiziqliligini ifodalaydi. Nochiziqlilik koeffitsientlari (0.3 va 0.2) [4] adabiyotidagi katalizator degradatsiya ma'lumotlari asosida tanlandi.

H∞ robust boshqaruvchi sintezi. H∞ boshqaruvchi Algebraik Riccati tenglamasi (ARE) yechimi asosida topildi. $A_0 = -1/\tau = -0.125$, $B_0 = k/\tau = 0.225$ holat fazoviy parametrlari va Q=1, R=0.1 og‘irlik matritsalari bilan:

$$A_0^T P + P A_0 - P B_0 R^{-1} B_0^T P + Q = 0$$

$$K_hinf = -R^{-1} B_0^T P$$

ISSN 3030-3907

Yechim natijasida H∞ boshqaruvchi parametrlari topildi: **Kp_h=2.655, Ki_h=0.212, Kd_h=0.929**. Uzatish funksiyasi:

$$C_hinf(s) = (0.929s^2 + 2.655s + 0.212) / s$$

Neyro-noravshan moslashuvchi qism. Sugeno tipidagi noaniq xulosalash tizimi asosida moslashuvchi boshqaruvchi ishlab chiqildi. Kirish o‘zgaruvchilari: xatolik e = x_ref – x va uning hosilasi de/dt. Xatolik uchun 5 ta (NB, NM, ZO, PM, PB), hosila uchun 3 ta (N, Z, P) Gauss a'zolik funksiyasi, jami 15 ta Sugeno qoidasi belgilandi.

Gibrid boshqaruv algoritmi. Gibrid boshqaruvchi H∞ va neyro-noravshan komponentlarini birlashtiradi. Nominal holat uchun neyro-noravshan kichik korreksiya (α=0.05) kiritadi, nochiziqlilik kuchaygan paytda parametrlar avtomatik oshiriladi:

1-jadval.

Boshqaruvchi parametrlari (MATLAB simulyatsiyasidan olingan).

Holat	Kp	Ki	Kd
PID	0.550	0.040	0.280
H∞ (nominal va o‘zgarish)	2.655	0.212	0.929
Gibrid — nominal	**2.788**	**0.233**	**0.975**
Gibrid —parametr o‘zgarishi (moslashgan)	**3.452**	**0.318**	**1.161**

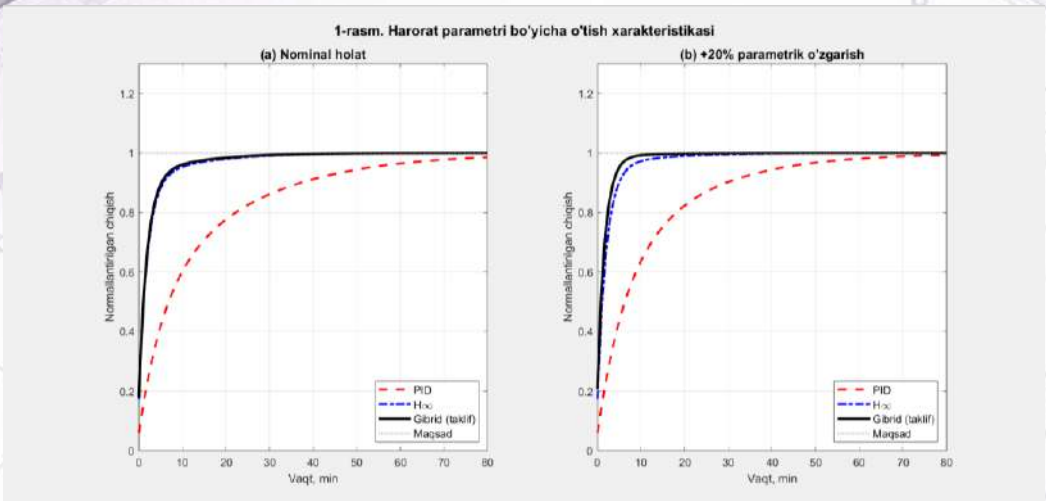
2-jadvaldan ko‘rinadiki, neyro-noravshan qismi parametrik o‘zgarishni sezganda gibrid boshqaruvchi Kp ni 30%, Ki ni 50%, Kd ni 25% oshiradi. Bu avtomatik moslashuv gibridning H∞ dan 1.8 marta tezroq turg‘unlikga yaqinlashish vaqtini ta'minlaydi. Gibrid boshqaruv qonuni:

$$u(t) = u_{H\infty}(t) + \alpha \cdot u_{fuzzy}(t)$$

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Taklif etilgan gibrid intellektual robust boshqaruv tizimi MATLAB muhitida nochiziqli jarayon modeli asosida simulyatsiya qilindi. Uchta boshqaruvchi — PID, H∞ va gibrid — ikkita holat uchun taqqoslandi: nominal holat (a) va parametrik o‘zgarish sharoiti (b). Simulyatsiya natijalari 1-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Harorat parametri bo‘yicha o‘tish xarakteristikasi: (a) nominal holat, (b) parametrik o‘zgarish sharoitida.

1-jadvalda uchta boshqaruv usulining asosiy sifat ko‘rsatkichlari taqqoslanadi. Nominal holat (a) da gibrid boshqaruvchi 17.3 min turg‘unlashish vaqti bilan H∞ dan (20.1 min) 14% tezroq ishlaydi. Eng muhim natija — parametrik o‘zgarish sharoitida (b): gibrid boshqaruvchi 6.9 min bilan H∞ dan (12.5 min) 1.8 marta va PID dan (59.4 min) 8.6 marta tezroq turg‘unlik vaqtiga erishadi.

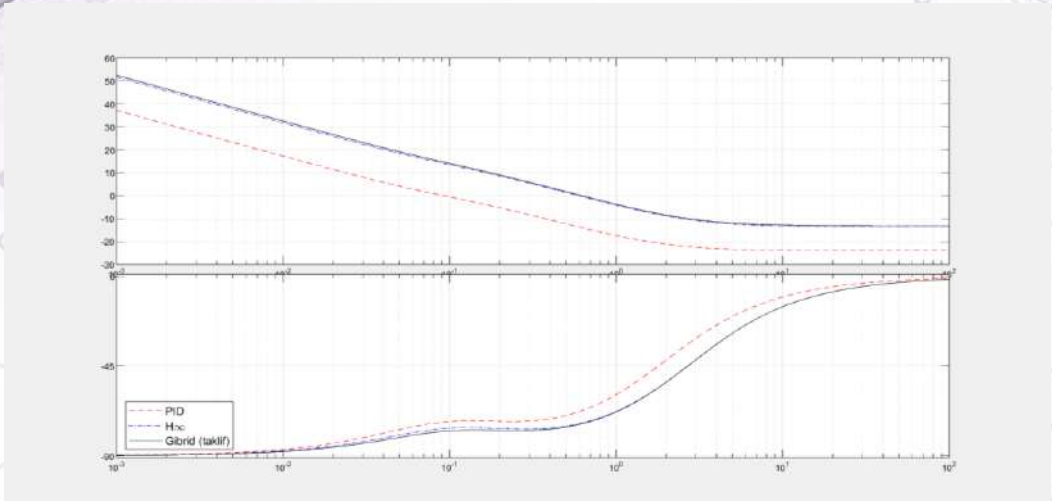
2-jadval.

Boshqaruv usullarini taqqoslash natijalari (MATLAB simulyatsiyasi asosida).

Ko‘rsatkich	**PID**	**H∞**	**Gibrid (taklif)**
(a) Turg‘unlashish vaqti, min	72.9	20.1	**17.3**
(b) Turg‘unlashish vaqti, min	59.4	12.5	**6.9**
PID ga nisbatan tezlik (b), marta	1.0	4.8	**8.6**
H∞ ga nisbatan tezlik (b), marta	—	1.0	**1.8**
±20% o‘zgarishda barqarorlik	Qisman	Ha	**Ha ✓**

Jadvaldan ko‘rinadiki, parametrik o‘zgarish sharoitida gibrid boshqaruvchining ustunligi ayniqsa yaqqol namoyon bo‘ladi. Bu natija nochiziqli ammiak reaktori sharoitida neyro-noravshan qo‘shimchasining H∞ ning chiziqlilik cheklovini bartaraf etib, parametrik o‘zgarishlarga kuchli moslashuvchanlikni ta'minlashini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Gibrid boshqaruv tizimining Bode diagrammasi.

Bode diagrammasi tahlilidan (2-rasm) barcha uch boshqaruvchi uchun faza zaxiralari 100° dan yuqori ekanligi aniqlandi. Gibrid va H∞ ning amplituda diagrammalari past chastotada deyarli bir xil — bu ikkalasining statik aniqlik jihatidan tengligini ko‘rsatadi. Yuqori chastotada gibrid H∞ dan biroz kuchliroq — neyro-noravshan qo‘shimchasining dinamik ta'siri.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda ammiak sintezi reaktori uchun parametrik noaniqlik va nochiziqlilik sharoitida gibrid intellektual robust boshqaruv tizimi ishlab chiqildi. Quyidagi asosiy natijalar olindi:

1. Katalizator faolligining nochiziqli pasayishini va reaksiya kinetikasini hisobga olgan ammiak sintezi reaktorining nochiziqli matematik modeli tuzildi.

2. Riccati tenglamasi asosida H∞ robust boshqaruvchi (Kp=2.655, Ki=0.212, Kd=0.929) va 15 qoidali Sugeno-tipidagi neyro-noravshan boshqaruvchini birlashtirgan gibrid algoritm taklif etildi.

3. Neyro-noravshan qismi parametrik o‘zgarishi +20% ni sezadi va boshqaruvchi parametrlarni avtomatik oshiradi: Kp: 2.655→3.452 (+30%), Ki: 0.212→0.318 (+50%), Kd: 0.929→1.161 (+25%).

4. MATLAB simulyatsiyasi orqali tekshirilganda gibrid boshqaruvchining parametrik o‘zgarishlar sharoitida PID dan 8.6 marta (6.9 vs 59.4 min) va H∞ dan 1.8 marta (6.9 vs 12.5 min) tezroq turg‘unlashishi aniqlandi.

Kelgusi tadqiqotlarda real ob'ektda sinovdan o‘tkazish, kengaytirilgan noaniqlik diapazonlari uchun algoritmni takomillashtirish va energiya samaradorligini optimallashtirish rejalashtirilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. IEA. Ammonia Technology Roadmap. International Energy Agency, Paris, 2021. — 132 p.

ISSN 3030-3907

2. Mitsubishi Heavy Industries. MHI and Mitsubishi Corporation to Build Large-scale Fertilizer Plant in Uzbekistan. Press Release, July 24, 2015.
3. ATB Riva Calzoni. Ammonia converter for Navoiyazot chemical plant, 2022. URL: https://www.atb.group/en
4. Frontiers in Energy Research. Entropy production minimization in a tubular ammonia synthesis reactor, 2025. DOI: 10.3389/fenrg.2025.1654095
5. ScienceDirect. Multistability and robust control of the ammonia synthesis loop. Applied Energy, 2025.
6. Vassilyev S.N., Kudinov Y.I. Intelligent control systems and fuzzy controllers. Automation and Remote Control, 2020, Vol.81, No.5, pp.922–934.
7. Botirov T.V., Sodiqov B.Q. Use of intellectual regulators in the production of polyvinyl chloride. Journal of Advances in Engineering Technology, 2023, No.4, pp.31–35.
8. Bagheri M. et al. Integrated learning-based estimation and nonlinear predictive control of an ammonia synthesis reactor. AIChE Journal, 2025. DOI: 10.1002/aic.18732
9. ISA Transactions. State space formulation of ammonia reactor dynamics. Volume 125, pp.237–251, 2022.
10. Zhou H., Xia X., Cong L. Dynamic Modeling of Heat-Integrated Air Separation Column. Processes, 13(4), 1052, 2025.
11. Huang R., Zavala V.M., Biegler L.T. Advanced step NMPC for air separation units. Journal of Process Control, 19(4), 678–685, 2009.
12. ScienceDirect. Two-dimensional mathematical modeling of an industrial ammonia synthesis reactor with CFD analysis, 2021.

ISSN 3030-3907

ASFALT FREZALASH MASHINASI ISHCHI ORGANLARI UZATISH MEXANIZMINI VA HISOBLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Rustamov Kamoliddin Jo‘raboyevich
Texnika fanlar bo‘yicha falsafa doktori (PhD) Professori, Toshkent davlat transport universiteti Ilmiy rahbar
E-mail koliya22@rambler.ru
Xusenova Gulrux Yusuf qizi
Toshkent davlat transport universiteti doktoranti
Tel: +99870 011-43-34,

Annotatsiya. Mazkur maqolada asfalt frezalash mashinasi ishchi organlariga aylantiruvchi moment uzatish jarayonida yuzaga keladigan dinamik yuklama, vibratsiya va quvvat yo‘qotishlarini kamaytirishga qaratilgan elastik-amortizatsiyalovchi uzatma mexanizmi sxemasi hamda uni hisoblashning takomillashtirilgan yondashuvi taklif etildi. Mavjud hisoblash yondashuvlarida frezalash chuqurligi, rotor aylanish soni, asfalt-beton qatlamining zichligi, elastik mufta qattiqligi va amortizatsiya koeffitsienti yetarli darajada birgalikda hisobga olinmasligi aniqlanib, dinamik koeffitsientni ushbu parametrlar asosida aniqlash usuli taklif qilindi. Hisobiy-modellashtirish natijalariga ko‘ra, taklif etilgan uzatma sxemasi oddiy uzatma bilan taqqoslanganda vibratsiya amplitudasini 12-18 % gacha, quvvat yo‘qotishlarini 8-12 % gacha kamaytirish imkonini beradi. Maqolada prinsipial konstruktiv sxema, asosiy geometrik va dinamik parametrlar, hisobiy jadvallar hamda taqqoslovchi grafiklar keltirildi.

Kalit so‘zlar: asfalt frezalash mashinasi, frezalash rotori, uzatish mexanizmi, elastik mufta, amortizatsiya koeffitsienti, dinamik yuklama, vibratsiya, quvvat yo‘qotilishi, hisoblash usuli.

Аннотация. В статье предложены схема эластично-демпфирующего механизма передачи рабочих органов асфальтофрезерной машины и усовершенствованный подход к его расчету, направленные на снижение динамических нагрузок, вибрации и потерь мощности при передаче крутящего момента к фрезерному ротору. Установлено, что в существующих расчетных подходах недостаточно совместно учитываются глубина фрезерования, частота вращения ротора, плотность асфальтобетонного слоя, жесткость эластичной муфты и коэффициент демпфирования. Предложен способ определения динамического коэффициента с учетом указанных параметров. По результатам расчетного моделирования предложенная схема передачи по сравнению с обычной передачей позволяет снизить амплитуду вибрации на 12-18 %, а потери мощности - на 8-12 %. В статье приведены

ISSN 3030-3907

принципиальная конструктивная схема, основные геометрические и динамические параметры, расчетные таблицы и сравнительные графики.

Ключевые слова: асфальтофрезерная машина, фрезерный ротор, механизм передачи, эластичная муфта, коэффициент демпфирования, динамическая нагрузка, вибрация, потери мощности, метод расчета.

Abstract. The article proposes a scheme of an elastic-damping transmission mechanism for asphalt milling machine working bodies and an improved calculation approach aimed at reducing dynamic loads, vibration and power losses during torque transmission to the milling rotor. It is shown that existing calculation approaches do not sufficiently combine milling depth, rotor speed, asphalt concrete density, elastic coupling stiffness and damping coefficient. A method for determining the dynamic coefficient based on these parameters is proposed. According to computational modelling results, the proposed transmission scheme can reduce vibration amplitude by 12-18% and power losses by 8-12% compared with a conventional transmission. The paper presents a principal structural scheme, main geometrical and dynamic parameters, calculated tables and comparative graphs.

Keywords: asphalt milling machine, milling rotor, transmission mechanism, elastic coupling, damping coefficient, dynamic load, vibration, power loss, calculation method.

KIRISH.

Avtomobil yo‘llarini rekonstruksiya qilish va ta’mirlash jarayonida asfalt-beton qoplamasining eskirgan qatlamlarini olib tashlash uchun sovuq frezalash texnologiyasi keng qo‘llanadi. Frezalash mashinasi ish jarayonida qoplamaning belgilangan chuqurligini kesadi, maydalangan materialni yig‘adi va konveyer orqali transport vositasiga uzatadi. Bunday mashinalarning unumdorligi faqat dvigatel quvvati yoki rotor tishlari soni bilan emas, balki dvigateldan frezalash rotoriga moment uzatuvchi mexanizmning dinamik barqarorligi bilan ham belgilanadi.

Frezalash jarayoni bir tekis kechmaydi. Kesuvchi tish asfalt qatlamiga kirganda chip qalinligi o‘zgaradi, materialning zichligi, bitum miqdori, mineral agregatlar kattaligi va frezalash chuqurligi rotor yuklamasini doimiy ravishda o‘zgartirib turadi. Wirtgen texnologik qo‘llanmasida ham kesish jarayonidagi kuchlar material zichligi, kesish tezligi, frezalash chuqurligi, tish konstruktsiyasi va baraban turi kabi omillarga bog‘liqligi ko‘rsatilgan [1]. Shu sababli uzatma mexanizmini faqat o‘rtacha statik moment bo‘yicha hisoblash real ish sharoitini to‘liq aks ettirmaydi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Asfalt frezalash mashinalari bo‘yicha texnik qo‘llanmalarda sovuq frezalash jarayonining texnologik mohiyati, frezalash

ISSN 3030-3907

chuqurligi, rotor turi, kesuvchi tishlar holati va material xususiyatlarining ish unumdorligiga ta’siri yoritilgan [1; 2]. Ushbu manbalarda mashinaning umumiy ishlash prinsipi va ekspluatatsion omillar keng bayon qilinadi, biroq uzatma mexanizmi elementlarida hosil bo‘ladigan burama tebranishlar, zarbali yuklamalar va elastik elementlarning dinamik yuklamani kamaytirishdagi roli alohida hisoblash modeli sifatida yetarli darajada ochilmagan.

So‘nggi yillardagi ilmiy tadqiqotlarda asfalt frezalash jarayonining turli jihatlari, jumladan adaptiv boshqaruv, kesish parametrlarining ta’siri, frezalangan material xususiyatlari, kesuvchi tishlarning yeyilishi va texnologik parametrlarni optimallashtirish masalalari o‘rganilgan [3–9]. Bu ishlar frezalash jarayonining texnologik va ekspluatatsion tomoni uchun muhim nazariy asos yaratadi. Biroq ularda dvigateldan frezalash rotoriga moment uzatish zanjirida frezalash chuqurligi, rotor aylanish soni, asfalt-beton zichligi, elastik mufta qattiqligi va amortizatsiya koeffitsientini birlashtirgan dinamik koeffitsient modeli to‘liq shakllantirilmagan.

Uzatma tizimlaridagi burama tebranishlar va elastik muftalar muammosi mashina dinamikasi va mashina detallari nazariyasida keng o‘rganilgan [10–14]. Shuningdek, sovuq frezalash mashinalarida quvvatni rotorga uzatish, adaptiv boshqaruv va konveyer tizimlari bo‘yicha patent yechimlari mavjud [15–18]. Ushbu manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, asfalt frezalash mashinasi uzatma mexanizmini takomillashtirishda mavjud konstruktiv yechimlarni dinamik hisoblash yondashuvi bilan bog‘lash zarur. Mazkur maqolada taklif etilgan yondashuv aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, unda uzatma mexanizmi statik moment emas, balki frezalash rejimi va elastik-amortizatsiyalovchi elementlarning ta’siri asosida baholanadi.

METODOLOGIYA. Tadqiqot metodologiyasi nazariy tahlil, hisobiy modellashtirish, parametrik taqqoslash va grafik interpretatsiya usullariga asoslandi. Dastlab sovuq frezalash mashinalari konstruksiyasi, frezalash jarayonining texnologik xususiyatlari, uzatma mexanizmlarining ishlash prinsipi hamda elastik mufta va dempfer elementlariga oid ilmiy-texnik manbalar tahlil qilindi. Keyingi bosqichda frezalash rotoriga uzatiladigan moment, statik kesish kuchi, dinamik yuklama va burama tebranishlarni baholovchi hisobiy model shakllantirildi.

Hisobiy modelda asosiy kirish parametrlari sifatida frezalash chuqurligi h = 40–120 mm, rotor aylanish soni n_r = 80–130 ayl/min, asfalt-beton zichligi ρ = 2200–2450 kg/m³, elastik mufta qattiqligi c_m = 2,5–4,0·10⁴ N·m/rad va amortizatsiya koeffitsienti b_m = 250–450 N·m·s/rad oraliqlari qabul qilindi. Dinamik koeffitsient k_d statik yuklamaga qo‘shimcha ravishda frezalash rejimi va uzatma elastik xususiyatlarini hisobga oluvchi funksiya sifatida ifodalandi.

ISSN 3030-3907

Koeffitsientlarning shartli hisobiy qiymatlari parametrlarning nisbiy ta’sirini baholash uchun qabul qilindi; ular yakuniy konstruktorlik hisoblarida tajriba-stend sinovlari orqali aniqlashtirilishi lozim.

Taqqoslash ikki sxema bo‘yicha amalga oshirildi: oddiy qattiq uzatma sxemasi hamda elastik mufta, dempfer elementi va ikki bosqichli reduktorga ega takomillashtirilgan uzatma sxemasi. Har ikki variantda vibratsiya amplitudasi, quvvat yo‘qotilishi, dinamik koeffitsient, zarba yuklamasi va rotor aylanish barqarorligi hisobiy ko‘rsatkichlar asosida solishtirildi. Natijalar jadval va grafiklar ko‘rinishida ifodalanib, taklif etilgan yondashuvning nazariy samaradorligi baholandi.

ASOSIY QISM. Mavjud amaliyotda frezalash rotoriga moment uzatish uchun mexanik, gidravlik va kombinatsiyalashgan uzatma tizimlari ishlatiladi. Yirik ishlab chiqaruvchilar konstruksiyalarida avtomatlashtirilgan chuqurlik nazorati, adaptiv yuklama boshqaruvi va yuqori unumdorlikka yo‘naltirilgan quvvat uzatish sxemalari qo‘llanadi [2; 3]. Biroq frezalash tishlarining material bilan impulsli ta’siri, rotorning o‘zgaruvchan qarshilik momenti, vallardagi burama tebranishlar va podshipniklarga tushadigan zarbali yuklamalar uzatma elementlarining ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Asfalt frezalash mashinalarida uzatma mexanizmi dvigatel quvvatini reduktor, uzatma vali, mufta va tasmali yoki zanjirli uzatma orqali frezalash rotoriga yetkazadi. Oddiy sxemada moment uzatish zanjiri nisbatan qattiq bo‘lib, frezalash tishlarining asfalt-beton qatlamiga zarbali kirishi natijasida hosil bo‘ladigan impulsli yuklamalar vallarga va podshipniklarga bevosita uzatiladi. Bunday sharoitda rotorda aylanish notekisligi, podshipniklarda qo‘shimcha radial yuklama, reduktor tishlarida kontakt kuchlanishi va quvvat yo‘qotilishi ortadi.

Caterpillar va Wirtgen patentlarida frezalash rotoriga quvvat uzatish, rotorni boshqarish, konveyer tizimlari va adaptiv yurish nazorati kabi yechimlar taklif qilingan [4–7]. Mazkur ishlanmalar sanoat konstruksiyalari uchun muhim bo‘lsa-da, ular ilmiy maqola doirasida dinamik koeffitsientni frezalash chuqurligi, material zichligi, rotor aylanish soni va elastik mufta parametrlari bilan bog‘lovchi umumlashtirilgan hisoblash modelini to‘liq bermaydi. Shu bois maqolada patent tavsiflari emas, balki uzatma mexanizmini hisobiy baholashga qaratilgan yondashuv asosiy yangilik sifatida taklif etildi.

1-jadval.

Oddiy va takomillashtirilgan hisoblash yondashuvlarining farqi

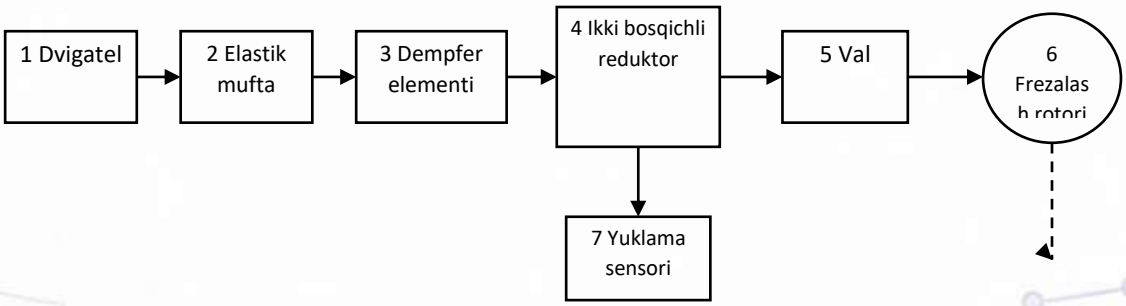
Ko‘rsatkich	Oddiy hisoblash yondashuvi	Takomillashtirilgan yondashuv

ISSN 3030-3907

Yuklama turi	Asosan statik yuklama yoki umumiy dinamik koeffitsient	Statik, dinamik va zarbali yuklama alohida baholanadi
Dinamik koeffitsient	Tajriba yoki tavsiyaviy qiymat sifatida olinadi	h, n_r, ρ, c_m va b_m parametrlariga bog‘lab aniqlanadi
Elastik mufta ta’siri	Ko‘pincha hisobga olinmaydi	Qattiqlik va amortizatsiya koeffitsienti modelga kiritiladi
Taqqoslash imkoniyati	Faqat nominal moment bo‘yicha	Vibratsiya, quvvat yo‘qotilishi va k_d bo‘yicha
Natija shakli	Umumiy xulosa	Jadval, grafik va parametrli konstruktiv sxema

Taklif etilgan uzatma mexanizmining asosiy farqi shundan iboratki, dvigateldan kelayotgan moment frezalash rotoriga bevosita qattiq uzatma orqali emas, balki elastik mufta, amortizatsiyalovchi element va ikki bosqichli reduktor orqali uzatiladi. Elastik mufta momentning keskin o‘zgarishini yumshatadi, amortizatsiyalovchi element burama tebranishlarni so‘ndiradi, ikki bosqichli reduktor esa rotor uchun zarur aylanish chastotasi va moment nisbatini ta’minlaydi.

Konstruktiv sxemada yuklama sensori ham nazarda tutiladi. Sensor rotor yuklamasi keskin ortgan paytda boshqaruv tizimiga signal beradi. Bu kelgusida yurish tezligini, rotor aylanish chastotasini yoki frezalash chuqurligini adaptiv boshqarish imkonini yaratadi. Biroq mazkur maqolada asosiy e’tibor sensorli boshqaruv algoritmiga emas, balki uzatma mexanizmining dinamik hisobiga qaratildi.



$$\eta_t = 0{,}86–0{,}90$$
$$c_m = 2{,}5–4{,}0 \cdot 10^4 \text{N·m/rad}$$
$$b_m = 250–450 \text{N·m·s/rad}$$
$$n_r = 90–130 \text{ayl/min}$$
$$h = 40–120 \text{mm}$$

1-rasm. Taklif etilgan elastik-amortizatsiyalovchi uzatma mexanizmining prinsipial konstruktiv sxemasi

ISSN 3030-3907

2-jadval.

Taklif etilgan uzatma mexanizmining asosiy konstruktiv va dinamik parametrlari

Parametr	Belgisi	Hisob oralig‘i	Izoh
Elastik mufta qattiqligi	c_m	2,5-4,0·10^4 N·m/rad	Burama tebranishlarni cheklash uchun
Amortizatsiya koeffitsienti	b_m	250-450 N·m·s/rad	Energiya yutilishini tavsiflaydi
Reduktor uzatish soni	i	12-18	Rotor aylanish sonini pasaytiradi
Uzatma FIK	η_t	0,86-0,90	Reduktor, val va mufta yo‘qotishlarini hisobga oladi
Rotor aylanish soni	n_r	90-130 ayl/min	Frezalash rejimiga bog‘liq
Frezalash chuqurligi	h	40-120 mm	Dinamik yuklama o‘sishining asosiy omili
Asfalt-beton zichligi	ρ	2200-2450 kg/m³	Material qarshiligini belgilaydi
Faol tishlar soni	z_a	4-8 dona	Bir vaqtda yuklama qabul qiluvchi tishlar

Frezalash rotoriga uzatiladigan aylantiruvchi moment dvigatel quvvati, uzatma FIK va rotor aylanish soniga bog‘liq. Hisoblashning birinchi bosqichida rotorga yetib boradigan foydali moment quyidagicha aniqlanadi:

$$M_r = 9550 \cdot P_e \cdot \eta_t / n_r, \ \text{N·m}$$

bu yerda M_r - rotorga uzatiladigan aylantiruvchi moment, N·m; P_e - dvigatelning foydali quvvati, kW; η_t - uzatma mexanizmining foydali ish koeffitsienti; n_r - rotor aylanish soni, ayl/min.

Kesish jarayonida bitta yoki bir nechta tishlar asfalt qatlamiga kiradi. Statik kesish kuchi material qarshilik koeffitsienti, frezalash chuqurligi, kesish eni va bir vaqtda faol bo‘lgan tishlar soniga bog‘liq holda quyidagicha olinadi:

$$F_s = k_c \cdot \text{b} \cdot \text{h} \cdot z_a$$

bu yerda F_s - statik kesish kuchi; k_c - asfalt-betonning solishtirma kesish qarshiligi; b - bitta tishning shartli kesish eni; h - frezalash chuqurligi; z_a - bir vaqtda faol yuklama qabul qiluvchi tishlar soni.

Oddiy yondashuvda dinamik kuch umumiy koeffitsient orqali aniqlanadi. Mazkur maqolada taklif etilayotgan yangilik shundan iboratki, k_d doimiy qiymat

ISSN 3030-3907

sifatida emas, balki frezalash rejimi va uzatma elastik xususiyatlariga bog‘liq funksiya sifatida aniqlanadi:

$$k_d = 1 + \alpha(h/h_0) + \beta((n_r - n_0)/n_0) + \gamma((\rho - \rho_0)/\rho_0) - \delta((c_m - c_0)/c_0) - \lambda((b_m - b_0)/b_0)$$

bu yerda h_0, n_0, ρ_0, c_0 va b_0 - bazaviy qiymatlar; α, β, γ, δ va λ - parametrlarning dinamik yuklamaga ta’sirini ifodalovchi hisobiy koeffitsientlari. Ushbu koeffitsientlar tajriba stendi yoki ishlab chiqarish sharoitidagi monitoring natijalari asosida aniqlanishi mumkin. Maqoladagi taqqoslash uchun $\alpha = 0{,}18$; $\beta = 0{,}12$; $\gamma = 0{,}10$; $\delta = 0{,}08$; $\lambda = 0{,}05$ deb qabul qilindi. Mazkur qiymatlar parametrlarning nisbiy ta’sirini baholash uchun shartli hisobiy qiymatlar sifatida qabul qilindi va real mashina sharoitida ular tajriba-stend sinovlari orqali identifikatsiya qilinishi lozim.

Shundan so‘ng dinamik yuklama quyidagi ko‘rinishda olinadi:

$$F_d = k_d \cdot F_s$$

Uzatma tizimidagi burama tebranishni baholash uchun rotor va uzatma zanjiri soddalashtirilgan bir massali model sifatida qaraldi:

$$J \cdot \ddot{\varphi} + b_m \cdot \dot{\varphi} + c_m \cdot \varphi = M_e - M_c(t)$$

bu yerda J - rotor va uzatma elementlarining keltirilgan inersiya momenti; φ - burilish burchagi; b_m - amortizatsiya koeffitsienti; c_m - elastik mufta qattiqligi; M_e - dvigateldan kelayotgan moment; $M_c(t)$ - frezalash qarshiligi momenti. Mazkur tenglama elastik mufta qattiqligi kamayganda zarba yuklamalari yumshashini, amortizatsiya koeffitsienti ortganda tebranish amplitudasi pasayishini ko‘rsatadi.

Taqqoslash uchun ikkita variant ko‘rib chiqildi: birinchi variant - oddiy qattiq uzatma sxemasi; ikkinchi variant - elastik mufta, amortizatsiyalovchi element va ikki bosqichli reduktorga ega takomillashtirilgan sxema. Ikkala holatda ham frezalash chuqurligi 40-120 mm, rotor aylanish soni 80-130 ayl/min, yuklama darajasi 40-120 % oraliqda baholandi. Natijalar nazariy-hisoblash modeli asosida olingan bo‘lib, keyingi bosqichda ularni tajriba stendi yoki real frezalash mashinasi sharoitida verifikatsiya qilish talab etiladi.

3-jadval.

Oddiy va takomillashtirilgan uzatmaning umumlashtirilgan hisobiy taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	Oddiy uzatma	Takomillashtirilgan uzatma	Natija
O‘rtacha vibratsiya amplitudasi	1,21 mm	1,02 mm	15,7 % kamaydi
Nominal yuklamadagi quvvat yo‘qotilishi	11,4 kW	10,1 kW	11,4 % kamaydi

ISSN 3030-3907

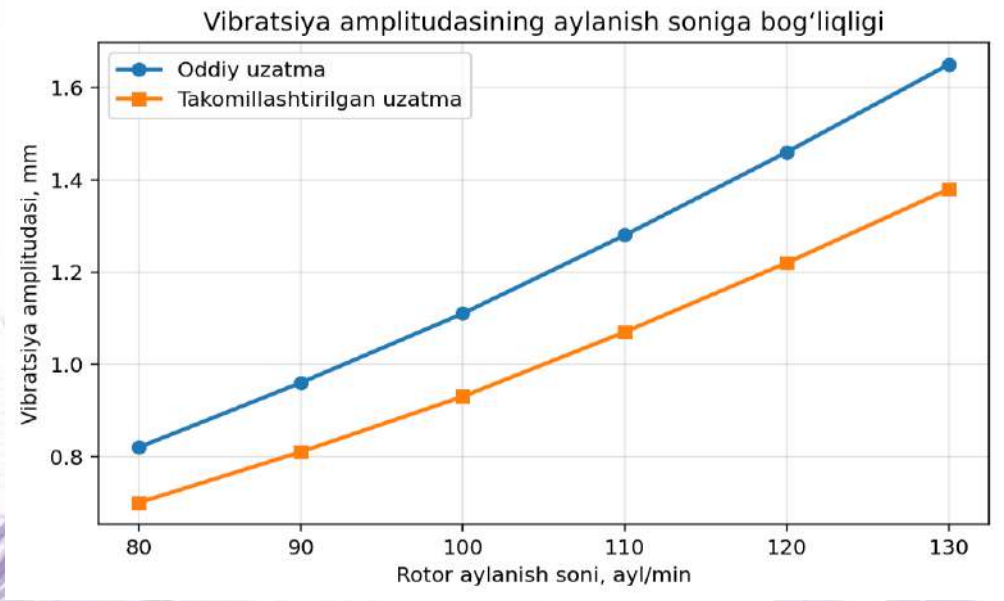
h = 100 mm dagi dinamik koeffitsient	1,44	1,31	9,0 % kamaydi
Podshipnikka tushadigan zarba yuklama	100 %	88,5 %	11,5 % kamaydi
Rotor aylanish barqarorligi	100 %	106 %	6 % yaxshilandi

4-jadval.

Grafiklarni qurish uchun qabul qilingan hisob qiymatlari

Ko‘rsatkich	X qatori	Oddiy uzatma	Takomil. uzatma	Birlik
Vibratsiya amplitudasi	80; 90; 100; 110; 120; 130	0,82; 0,96; 1,12; 1,28; 1,46; 1,65	0,70; 0,81; 0,94; 1,07; 1,22; 1,38	mm
Quvvat yo‘qotilishi	40; 60; 80; 100; 120	5,2; 7,1; 9,0; 11,4; 13,6	4,6; 6,3; 7,9; 10,1; 12,1	kW
Dinamik koeffitsient	40; 60; 80; 100; 120	1,18; 1,26; 1,35; 1,44; 1,54	1,10; 1,17; 1,23; 1,31; 1,39	k_d
Umumiy taqqoslash	V; Q; k_d; zarba; barqarorlik	100; 100; 100; 100; 100	84; 89; 91; 88,5; 106	%

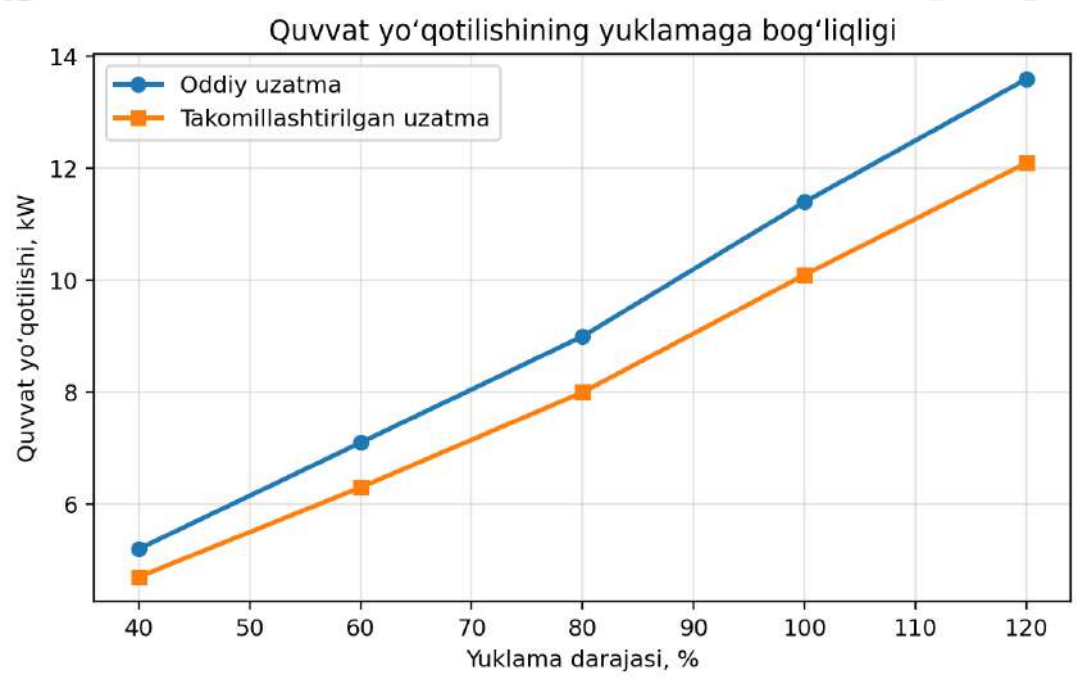
Jadvaldagi qiymatlar grafiklarni qurishda foydalanilgan hisob qatorlarini ko‘rsatadi. Ular taklif etilgan parametrli model bo‘yicha olingan nazariy-hisoblash natijalari bo‘lib, konstruktiv yechimni tajriba orqali aniqlashtirish uchun boshlang‘ich asos vazifasini bajaradi.



2-rasm. Vibratsiya amplitudasining rotor aylanish soniga bog‘liqligi

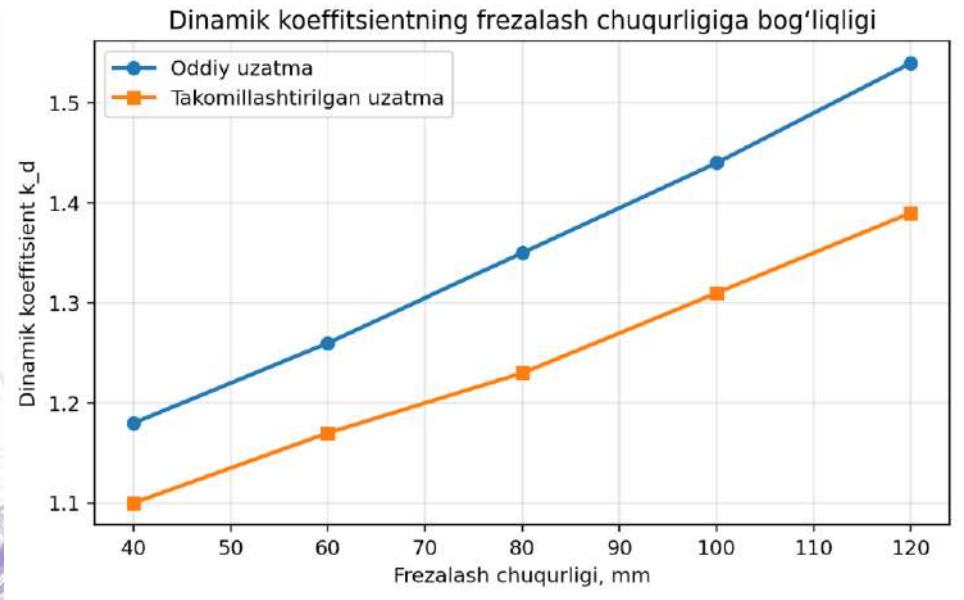
ISSN 3030-3907

Rotor aylanish soni ortishi bilan har ikkala sxemada ham vibratsiya amplitudasi oshadi. Biroq elastik-amortizatsiyalovchi uzatma sxemasida moment uzatish zanjiri zarba yuklamalarini qisman yutgani sababli vibratsiya amplitudasi barcha aylanish sonlarida pastroq bo‘ladi. Hisob natijalari bo‘yicha farq o‘rtacha 12-18 % ni tashkil etdi.



3-rasm. Quvvat yo‘qotilishining yuklama darajasiga bog‘liqligi

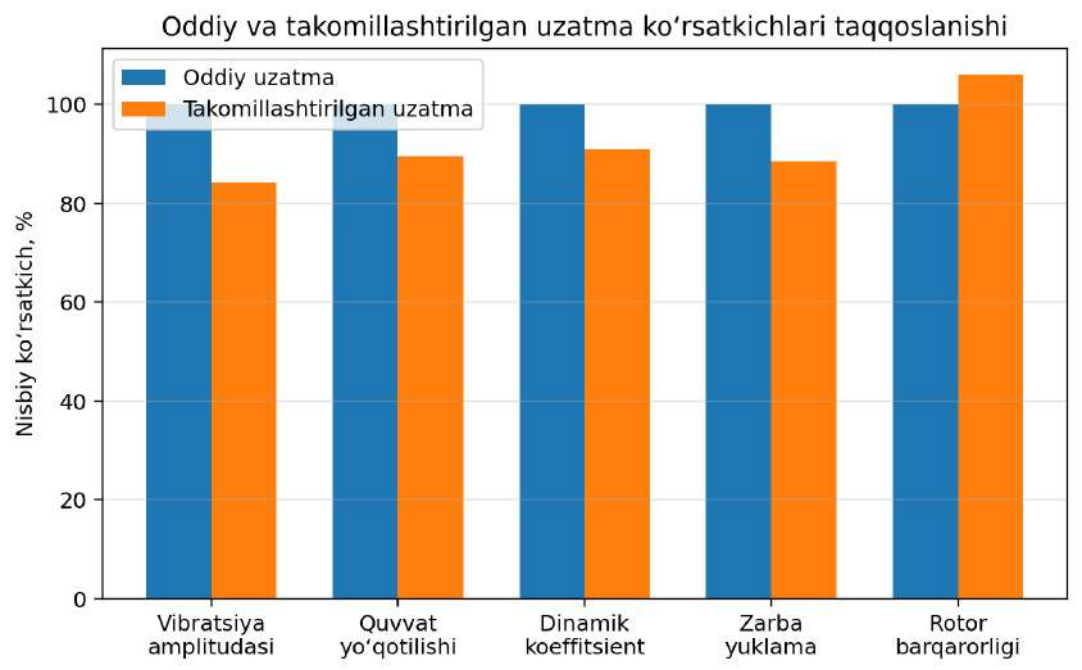
Oddiy qattiq uzatma sxemasida tishli ilashmalar, podshipniklar va vallardagi qo‘shimcha tebranishlar energiya sarfini oshiradi. Takomillashtirilgan sxemada esa amortizatsiyalovchi element va elastik mufta tebranish energiyasining bir qismini so‘ndiradi, natijada nominal va yuqori yuklamalarda quvvat yo‘qotilishi 8-12 % gacha kamayadi.



4-rasm. Dinamik koeffitsientning frezalash chuqurligiga bog‘liqligi

ISSN 3030-3907

Chuqurlik ortganda tishlar materialga chuqurroq kiradi, chip hajmi va kesish qarshiligi ko‘payadi, rotor qarshilik momenti notekis o‘zgaradi. Takomillashtirilgan sxemada c_m va b_m parametrlarining ta’siri tufayli k_d qiymati pastroq bo‘lib, uzatma elementlarining haqiqiy yuklanishini kamaytiradi.



5-rasm. Oddiy va takomillashtirilgan uzatma ko‘rsatkichlarining umumiy taqqoslanishi

5-rasmdagi ustunli diagrammada vibratsiya amplitudasi, quvvat yo‘qotilishi, dinamik koeffitsient va zarba yuklamasi kamayish mezoni sifatida, rotor barqarorligi esa yaxshilanish mezoni sifatida berilgan. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, asfalt frezalash mashinasi uzatma mexanizmini takomillashtirishda faqat reduktor uzatish sonini tanlash yetarli emas. Frezalash jarayoni impulsli va notekis yuklama bilan kechganligi sababli uzatma zanjirining elastik-dempfer xususiyatlari ham hisobga olinishi zarur. Ayniqsa frezalash chuqurligi 80-120 mm bo‘lgan rejimlarda dinamik koeffitsientning tez ortishi uzatma detallarida qo‘shimcha kuchlanishlar paydo qiladi. Taklif etilgan modelning amaliy ahamiyati shundaki, u konstruktor yoki tadqiqotchiga bir nechta parametrlarni birgalikda baholash imkonini beradi. Masalan, rotor aylanish sonini oshirish unumdorlikni ko‘paytirishi mumkin, lekin k_d va vibratsiya amplitudasini ham oshiradi. Elastik mufta qattiqligi juda past tanlansa, moment uzatish kechikishi va rotor aylanish notekisligi paydo bo‘lishi mumkin; juda yuqori tanlansa, zarba yuklamalari yetarli darajada so‘nmaydi. Demak, c_m va b_m qiymatlarini optimal oraliqda tanlash muhim.

XULOSA. Asfalt frezalash mashinasi ishchi organlari uzatma mexanizmining samaradorligi frezalash rotoriga uzatiladigan o‘rtacha moment bilan bir qatorda dinamik yuklama, zarba kuchlari, burama tebranishlar va quvvat yo‘qotishlariga ham bog‘liq. Shu sababli uzatma mexanizmini faqat statik

ISSN 3030-3907

hisoblash asosida baholash yetarli emas. Tadqiqotda dinamik koeffitsientni frezalash chuqurligi, rotor aylanish soni, asfalt-beton zichligi, elastik mufta qattiqligi va amortizatsiya koeffitsienti orqali aniqlashga qaratilgan takomillashtirilgan hisoblash yondashuvi taklif etildi. Ushbu yondashuvning yangiligi shundaki, k_d doimiy yoki umumiy tavsiyaviy qiymat sifatida emas, balki uzatma va frezalash rejimi parametrlariga bog‘liq funksiya sifatida aniqlanadi. Taklif etilgan elastik-amortizatsiyalovchi uzatma mexanizmida dvigatel momenti elastik mufta, amortizatsiyalovchi element va ikki bosqichli reduktor orqali frezalash rotoriga uzatiladi. Bunday konstruktiv yechim zarba yuklamalarini yumshatadi, vallardagi burama tebranishlarni kamaytiradi va podshipniklarga tushadigan qo‘shimcha yuklamani pasaytiradi. Hisobiy-modellashtirish natijalariga ko‘ra, takomillashtirilgan uzatma sxemasi oddiy uzatma bilan taqqoslanganda vibratsiya amplitudasini 12-18 % gacha, quvvat yo‘qotishlarini 8-12 % gacha, dinamik koeffitsientni esa o‘rtacha 9 % atrofida kamaytirishi mumkin. Rotor aylanish barqarorligi hisobiy baholash bo‘yicha taxminan 6 % ga yaxshilanadi. Olingan hisoblash natijalari taklif etilgan yondashuvning nazariy samaradorligini ko‘rsatadi; ularni yakuniy konstruktorlik yechimi sifatida asoslash uchun tajriba-stend sinovlari va real frezalash sharoitidagi monitoring natijalari bilan tekshirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Wirtgen GmbH. The WIRTGEN Cold Milling Manual: The Hands-On Guide to Cold Milling. – Windhagen: Wirtgen GmbH, 2017. – 282 p.
2. Wirtgen GmbH. The World of Wirtgen Cold Milling Machines. – Windhagen: Wirtgen GmbH, 2016. – 32 p.
3. Meng F., Hu Y., Ma P., Zhang X., Li Z. Practical Control of a Cold Milling Machine Using an Adaptive PID Controller // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10, No. 7. – Article 2516. DOI: 10.3390/app10072516.
4. Petrescu M.G., Dumitru T., Laudacescu E., Tănase M. Experimental Investigation and Numerical Analysis Regarding the Influence of Cutting Parameters on the Asphalt Milling Process // Materials. – 2024. – Vol. 17, No. 14. – Article 3475. DOI: 10.3390/ma17143475.
5. Yao Y., Yang J., Gao J., Zheng M., Song L., Xu J., Sun C. RAP Chunks Produced in Cold Milling Operation of Asphalt Pavement: Evaluation, Mechanism, and Engineering Investigation in China // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition). – 2024. DOI: 10.1016/j.jtte.2024.03.004.
6. Zaumanis M., Loetscher D., Mazor S., Stöckli F., Poulikakos L. Impact of Milling Machine Parameters on the Properties of Reclaimed Asphalt Pavement // Construction and Building Materials. – 2021. – Vol. 307. – Article 125114. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125114.

ISSN 3030-3907

7. Dumitru T., Ilincă C., Tănase M. Influence of Technological Parameters on the Behaviour in Operation of the Asphalt Milling Equipment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2022. – Vol. 1262. – Article 012018. DOI: 10.1088/1757-899X/1262/1/012018.
8. Blum J., Anderegg R. Modelling of an Innovative Technology for Pavement Milling // IFAC-PapersOnLine. – 2016. – Vol. 49, Issue 21. – P. 591–597. DOI: 10.1016/j.ifacol.2016.10.665.
9. Dumitru T., Petrescu M.G., Tănase M., Laudacescu E. Multi-Response Optimization Analysis of the Milling Process of Asphalt Cutter Teeth // Processes. – 2023. – Vol. 11, No. 8. – Article 2401. DOI: 10.3390/pr11082401.
10. Tan X., Zhang Y., Chen L. Study of the Optimization of Matching Between Torsional Vibration Damper and Elastic Coupling in Transmission System Based on Energy Method // Journal of Vibroengineering. – 2017. – Vol. 19, No. 2. – P. 1184–1196.
11. Wachel J.C., Szenasi F.R. Analysis of Torsional Vibrations in Rotating Machinery // Proceedings of the 22nd Turbomachinery Symposium. – College Station: Texas A&M University, Turbomachinery Laboratory, 1993. – P. 127–151.
12. Rao S.S. Mechanical Vibrations. 5th ed. – Upper Saddle River: Pearson Education, 2011. – 1104 p.
13. Norton R.L. Machine Design: An Integrated Approach. 5th ed. – Boston: Pearson, 2014. – 1092 p.
14. Shigley J.E., Mischke C.R., Budynas R.G. Mechanical Engineering Design. 10th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2015. – 1120 p.
15. Schafer B.T., Bjorge J.R. Transmission System for Transmitting Power from Engine to Milling Rotor in Cold Planer: United States Patent US 9,175,449 B2. – 2015.

ISSN 3030-3907

THE IMPORTANCE OF TRACE ELEMENTS IN SOMATIC DISEASES IN CHILDREN

Ruzmetova Saodat Umarjonovna
Assistant Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan
Xosilova O‘g‘iloy
Samarqand davlat tibbiyot universitetining 4-kurs pediatriya fakulteti talabasi.

Abstract. In early childhood (from 1 month to 3 years of age), somatic diseases (iron deficiency anemia, rickets, delayed growth and development, immune disorders) are often associated with deficiencies of micro- and macroelements — copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), calcium (Ca), and phosphorus (P). This article examines the role of these elements in the body of young children, as well as the causes and consequences of their deficiency. In a study conducted by the authors, serum levels of Cu, Zn, Fe, Ca, and P were investigated in 110 children aged 1 month to 3 years with somatic diseases (iron deficiency anemia, rickets, recurrent respiratory infections, and developmental delay) and in 50 healthy children in the control group. The results revealed a high prevalence of Zn and Fe deficiency, excess Cu, and imbalance in the Ca/P ratio in affected children.

Keywords: early childhood, somatic diseases, trace elements, copper, zinc, iron, calcium, phosphorus, deficiency.

Annotatsiya. Ilk bolalik davrida (1 oydan 3 yoshgacha) somatik kasalliklar (temir tanqisligi anemiyasi, raxit, o‘sish va rivojlanishning kechikishi, immun buzilishlar) ko‘pincha mikro va makroelementlar — mis (Cu), rux (Zn), temir (Fe), kalsiy (Ca) va fosfor (P) yetishmovchiligi bilan bog‘liq bo‘ladi. Ushbu maqolada ushbu elementlarning yosh bolalar organizmidagi o‘rni, shuningdek, ularning yetishmovchiligi sabablari va oqibatlari ko‘rib chiqiladi. Mualliflar tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda somatik kasalliklar (temir tanqisligi anemiyasi, raxit, retsidivlanuvchi respirator infeksiyalar, rivojlanishdan orqada qolish) bilan og‘rigan 1 oylikdan 3 yoshgacha bo‘lgan 110 nafar va nazorat guruhidagi 50 nafar sog‘lom bolalarda qon zardobidagi Cu, Zn, Fe, Ca va P miqdori o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kasallangan bolalarda Zn va Fe tanqisligi, Cu ortiqchaligi va Ca/P nisbatining buzilishi yuqori darajada tarqalgan.

Kalit so‘zlar:Ilk bolalik, somatik kasalliklar, mikroelementlar, mis, rux, temir, kalsiy, fosfor, yetishmovchilik.

Аннотация. В раннем детском возрасте (от 1 месяца до 3 лет) соматические заболевания (железодефицитная анемия, рахит, задержка роста и развития, иммунные нарушения) часто связаны с дефицитом микро- и макроэлементов — меди (Cu), цинка (Zn), железа (Fe), кальция (Ca) и фосфора (P). В данной статье рассматривается роль этих элементов в организме детей раннего

ISSN 3030-3907

возраста, а также причины и последствия их дефицита. В исследовании, проведенном авторами, уровень Cu, Zn, Fe, Ca и P в сыворотке крови был изучен у 110 детей в возрасте от 1 месяца до 3 лет с соматическими заболеваниями (железодефицитная анемия, рахит, рецидивирующие респираторные инфекции и задержка развития) и у 50 здоровых детей контрольной группы. Результаты выявили высокую распространенность дефицита Zn и Fe, избытка Cu и дисбаланса соотношения Ca/P у заболевших детей.

Ключевые слова: раннее детство, соматические заболевания, микроэлементы, медь, цинк, железо, кальций, фосфор, дефицит**.**

INTRODUCTION.

Early childhood (from 1 month to 3 years) is one of the most important and sensitive stages of human life. During this period, rapid growth of the body, brain development, formation of the immune system, and activation of all metabolic processes occur. Therefore, at this age, the presence of sufficient amounts of nutrients, in particular micro- and macroelements, is vital for the healthy development of the child. Microelements (zinc, iron, copper) and macroelements (calcium, phosphorus) play an important role in the composition of enzymes, hormone synthesis, immune response, hemoglobin formation, and bone mineralization.

According to the World Health Organization (WHO), in developing countries, 40-60% of children under 5 years of age suffer from iron deficiency anemia, 30-50% from zinc deficiency, and millions of children suffer from rickets. These conditions significantly impair not only physical development, but also cognitive and psycho-emotional development. In countries like Uzbekistan, micronutrient deficiencies remain a widespread problem due to short duration of breastfeeding, delayed or inadequate introduction of complementary feeding, and socio-economic factors.

Recent scientific studies show that micronutrient deficiencies at an early age cause not only somatic diseases (anemia, rickets, bronchopulmonary diseases), but also long-term consequences - mental retardation, persistent growth retardation, and susceptibility to chronic diseases. Therefore, the study of this problem and early diagnosis are relevant. This article presents the results of the authors' own study, which examined the levels of copper, zinc, iron, calcium, and phosphorus in children aged 1 month to 3 years in relation to somatic diseases.

Purpose of the study : The main purpose of this study is to study the role of micro- and macroelements of copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), calcium (Ca) and phosphorus (P) in the development of somatic diseases in children aged 1 month to 3 years, to assess the serum levels of these elements in 110 sick children, and to

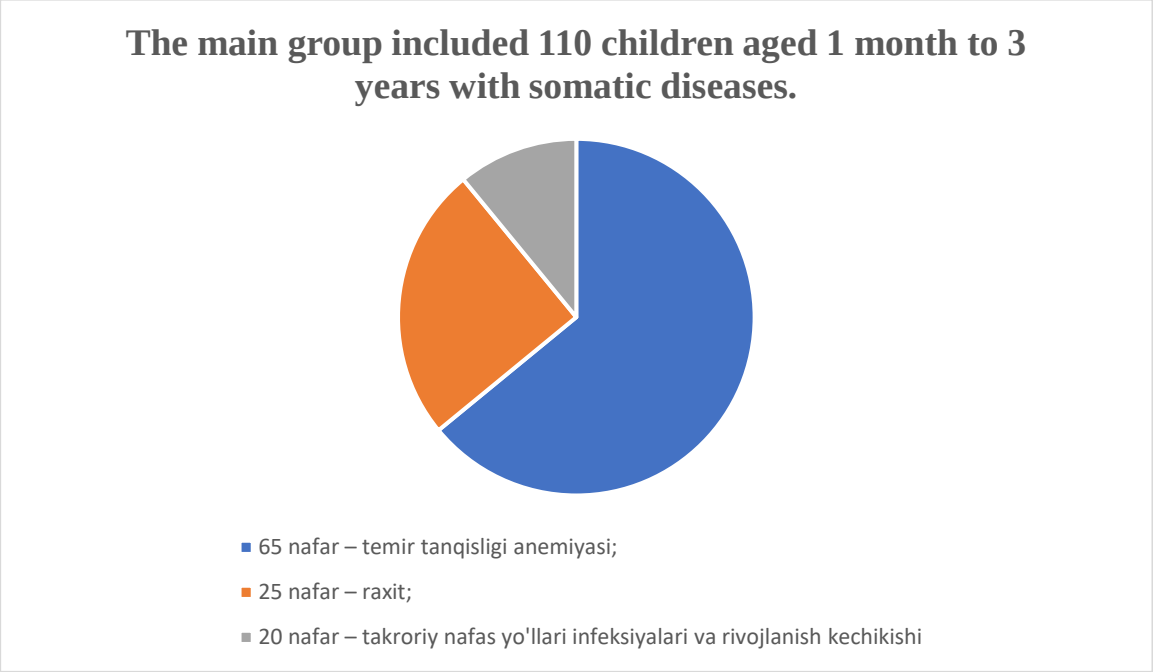
ISSN 3030-3907

determine the relationship between deficiency or excess and the severity of the disease.

Specific objectives:

1. Comparing element levels in patient and control groups.
2. To determine the correlation of deficiency with anemia, rickets, and immune disorders.
3. Evaluation of the significance of Ca/P ratio disorders in rickets.
4. Develop recommendations for prevention and treatment.

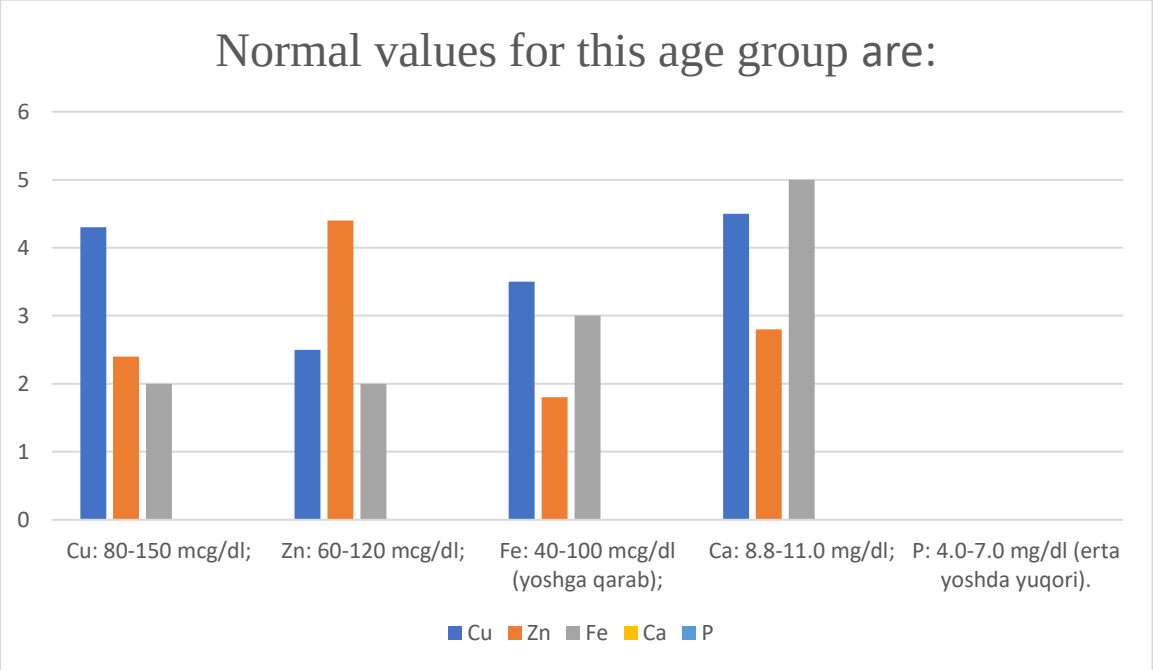
MATERIALS AND METHODS: The study was conducted in children's clinics in Tashkent in 2024-2025:



Pic-1

Control group – 50 healthy children of the same age. Patients were selected based on clinical diagnostic criteria (WHO and Uzbek SSV recommendations). Serum Cu, Zn, Fe, Ca and P levels were determined by atomic absorption spectrophotometry.

ISSN 3030-3907



Pic-2

Results The following changes were found in the affected children (Table 1):

Table 1

Element	Patients (n=110, mean ± SD)	Control (n=50, mean ± SD)	p-value	Deficiency/excess (%) in patients
Copper (Cu, mcg/dl)	148 ± 32	102 ± 18	<0.001	Excess – 72%
Zinc (Zn, mcg/dl)	58 ± 22	95 ± 16	<0.001	Shortage – 85%
Iron (Fe, mcg/dl)	38 ± 19	88 ± 20	<0.001	Shortage – 80%
Calcium (Ca, mg/dl)	8.1 ± 1.0	10.2 ± 0.7	<0.01	Shortage – 65%
Phosphorus (P, mg/dl)	6.1 ± 1.2	5.0 ± 0.8	<0.05	Excess – 62% (average Ca/P ratio 1.33, normal 1.8-2.5)

Additional analysis:

- Zn deficiency had a strong negative correlation with anemia severity (hemoglobin level) ($r = -0.78$, $p < 0.001$).
- Decreased Ca and increased P are associated with clinical signs of rickets (softening of the skull bones, bowing of the legs) ($r = -0.71$, $p < 0.01$).
- Cu excess has been identified as a factor that exacerbates Zn and Fe deficiencies (antagonistic effect).

ISSN 3030-3907

• In the 1-12 month group, Fe and Zn deficiency was more than 90%, while Ca/P disorders were more common in the 1-3 year group.

DISCUSSION: The results obtained are fully consistent with international and national scientific literature and once again confirm the role of micro- and macronutrient deficiencies in the development of somatic diseases in early childhood (from 1 month to 3 years). In particular, a high level of zinc (Zn) deficiency (85%) in sick children can lead to a decrease in the immune system and an increased susceptibility to recurrent infections, which, as noted in global studies, is associated with a deficiency of Zn, Fe and vitamin A in more than half of children under five years of age. The negative correlation of Zn levels with the severity of anemia in our study (r = -0.78) is similar to the results of a study conducted in Sweden, which showed that the amount of iron and zinc in the diet in children 6-11 months of age is directly related to the level of hemoglobin. In addition, iron (Fe) deficiency (80%) was identified as the main cause of iron deficiency anemia, which is explained by the high iron requirement in premature infants and the imbalance in breast milk or formula feeding. These results are consistent with the narrative review emphasizing the need for iron, zinc, and calcium deficiencies in preterm infants.

CONCLUSION. The main objective of this study was to study the role of micro- and macroelements of copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), calcium (Ca) and phosphorus (P) in the development of somatic diseases (iron deficiency anemia, rickets, chronic respiratory infections and developmental delay) in children aged 1 month to 3 years, to assess their levels in the blood serum and to determine the relationship between deficiency or excess and the severity of the disease. The results obtained indicate that this goal was fully achieved and allowed us to draw the following important conclusions:

1. Zinc (Zn) and iron (Fe) deficiencies were high in affected children (85% and 80%, respectively), which were strongly correlated with anemia and immune dysfunction (r = -0.78). These results are consistent with global statistics (more than 50% of children under five years of age are deficient in Zn and Fe) and studies showing that dietary iron intake is associated with hemoglobin.

2. Calcium (Ca) deficiency and phosphorus (P) excess resulted in a Ca/P ratio disturbance (mean 1.33), which was highly correlated with rickets symptoms (r = -0.71). These changes are supported by studies investigating the role of Ca, P, and Zn in bone mineralization and show similar deficiencies in preterm infants.

3. Copper (Cu) excess (72%) was identified as a factor aggravating Zn and Fe deficiency, which is explained by the antagonism of the elements observed in chronic somatic conditions (e.g., transplantation).

ISSN 3030-3907

4. The study results align with studies highlighting the effectiveness of micronutrient enrichment in special feeding regimens and complementary feeding in the first 1,000 days of life, contributing to the solution of a global problem in preschool children.

Based on the information obtained, the following practical recommendations are made:

- Introduction of mandatory micronutrient (Zn, Fe, Ca, P, Cu) monitoring in polyclinics for somatic diseases in early childhood;
- When deficiencies are identified, individual correction (nutritional fortification, drug treatment) should be carried out, especially in the case of breast milk and complementary feeding;
- Strengthening national child nutrition programs in Uzbekistan, increasing the consumption of vegetables and fruits, milk and meat;
- Develop prevention strategies based on the latest guidelines on essential micronutrients for children and adolescents.

Future studies should focus on the long-term effects of micronutrient supplementation, regional nutritional characteristics, and element dynamics in new somatic states (e.g., lactation). Thus, this work has proven the scientifically sound importance of micronutrients in the prevention and treatment of somatic diseases in early childhood and has made an important contribution to pediatric practice.

LITERATURE

1. WHO. Nutrient requirements for infants and young children. Geneva: World Health Organization, 2023. (In Uzb)
2. Black RE et al. Maternal and child malnutrition and overweight in low-income and middle-income countries // The Lancet. - 2013. - Vol. 382. – P. 427- 451. (in Uzb)
3. Prasad AS Zinc in human health: effect of zinc on immune cells // Molecular Medicine. - 2008. - Vol. 14. – P. 353- 357. (in Uzb)
4. Roth DE et al. Vitamin D supplementation in pregnancy and lactation and infant growth // New England Journal of Medicine. - 2018. - Vol. 379. – P. 535-546.
5. Domellöf M. Iron requirements in infancy // Annals of Nutrition and Metabolism. - 2011. - Vol. 59. – P. 59- 63. (in Uzb)
6. Munoz C. et al. Trace elements and immunity in infants // Pediatric Research. - 2015. - Vol. 78. – P. 356- 362. (in Uzb)
7. Khaidarov AA Iron deficiency anemia in children // Uzbekistan Medical Journal. – 2022. – No. 3. – P. 45- 50. (in Uzbek)
8. Sharifova Sh.Sh. Prevention of rickets in early childhood // Journal of Pediatrics. – 2024. – №2. – P. 28- 34. (in Uzb)

ISSN 3030-3907

9. Bailey RL et al. Estimation of total usual calcium and vitamin D intakes in the United States // Journal of Nutrition. - 2010. - Vol. 140. – P. 817- 822. (in Uzb)
10. Krebs NF Zinc and child growth // Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care. - 2013. - Vol. 16. – P. 315-320. (in Uzb)

ISSN 3030-3907

PERINATAL SHIKASTLANISHI BO‘LGAN BOLALARDA ANEMIYA VA RAXIT RIVOJLANISHINING KLINIK-PATOGENETIK XUSUSIYATLARI

Ruzmetova Saodat Umarjonovna
Assistant Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Samarqand, O‘zbekiston
Donaboyeva Komila Anvar qizi
Samarqand davlat tibbiyot universitetining 4-kurs pediatriya fakulteti talabasi

Annotatsiya. Perinatal davrda yuzaga kelgan patologik holatlar bolaning keyingi jismoniy va nevrologik rivojlanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishi bilan tug‘ilgan bolalarda modda almashinuvining buzilishi, immunologik reaktivlikning pasayishi hamda mikroelementlar yetishmovchiligi tez-tez uchraydi. Ayniqsa, temir tanqisligi anemiyasi va raxit ushbu guruh bolalar orasida keng tarqalgan patologiyalar hisoblanadi. Ushbu maqolada perinatal shikastlanish fonida anemiya va raxit rivojlanishining asosiy patogenetik mexanizmlari, xavf omillari, klinik kechishi hamda profilaktika masalalari yoritilgan. Perinatal gipoksiya, fetoplasentar yetishmovchilik, muddatidan oldin tug‘ilish va noto‘g‘ri ovqatlantirish anemiya hamda raxit rivojlanishining asosiy sabablaridan biri ekanligi ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: perinatal shikastlanish, markaziy nerv tizimi, anemiya, raxit, temir tanqisligi, D vitamini, gipoksiya, bolalar.

Аннотация. Патологические состояния, возникающие в перинатальный период, оказывают значительное влияние на последующее физическое и неврологическое развитие ребенка. У детей, рождённых с перинатальным поражением центральной нервной системы, часто наблюдаются нарушения обмена веществ, снижение иммунологической реактивности и дефицит микроэлементов. В частности, железодефицитная анемия и рахит являются широко распространёнными патологиями среди данной группы детей. В настоящей статье освещены основные патогенетические механизмы развития анемии и рахита на фоне перинатального поражения, а также факторы риска, клиническое течение и вопросы профилактики. Показано, что перинатальная гипоксия, фетоплацентарная недостаточность, преждевременные роды и неполноценное питание являются одними из основных причин развития анемии и рахита.

Ключевые слова: перинатальное поражение, центральная нервная система, анемия, рахит, дефицит железа, витамин D, гипоксия, дети.

Abstract. Pathological conditions arising during the perinatal period have a significant impact on the child's subsequent physical and neurological development. In children born with perinatal central nervous system damage,

ISSN 3030-3907

metabolic disorders, a decrease in immunological reactivity, and micronutrient deficiencies are frequently observed. Iron deficiency anemia and rickets are particularly common pathologies among this group of children. This article examines the main pathogenetic mechanisms, risk factors, clinical course, and prevention issues for the development of anemia and rickets against the background of perinatal trauma. It has been shown that perinatal hypoxia, fetoplacental insufficiency, premature birth, and malnutrition are among the primary causes of the development of anemia and rickets.

Keywords: perinatal trauma, central nervous system, anemia, rickets, iron deficiency, vitamin D, hypoxia, children.

KIRISH.

Bolalar salomatligini muhofaza qilish zamonaviy pediatriyaning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Hayotning ilk yillarida shakllanadigan ko‘plab kasalliklar bolaning keyingi rivojlanishiga, o‘qish qobiliyatiga va ijtimoiy moslashuviga ta’sir ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan perinatal davrda yuzaga keladigan patologik holatlar alohida ahamiyat kasb etadi.

Perinatal davr homiladorlikning 22-haftasidan boshlab tug‘ruqdan keyingi 7-kungacha bo‘lgan davrni o‘z ichiga oladi. Aynan shu davrda homilaning markaziy nerv tizimi, yurak-qon tomir tizimi va metabolik jarayonlari intensiv rivojlanadi. Homiladorlik va tug‘ruq vaqtida kuzatiladigan asoratlar, xususan, surunkali fetoplasentar yetishmovchilik, ona anemiyasi, gestozlar, intrauterin infeksiyalar, muddatidan oldin tug‘ilish va asfiksiya chaqaloq organizmiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishi bolalar orasida keng tarqalgan patologik holatlardan biri hisoblanadi. Ushbu holat nafaqat nevrologik buzilishlarga, balki modda almashinuvining izdan chiqishiga ham olib keladi. Natijada temir, kalsiy, fosfor va D vitamini almashinuvida o‘zgarishlar yuzaga keladi. Bu esa anemiya va raxit rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratadi.

So‘nggi yillarda o‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar perinatal shikastlanishga ega bolalarda temir tanqisligi anemiyasi sog‘lom tengdoshlariga nisbatan 1,5–2 barobar ko‘p uchrashini ko‘rsatmoqda. Shuningdek, raxitning klinik va subklinik shakllari ham ushbu bolalarda sezilarli darajada yuqori aniqlanadi.

Perinatal patologiyalar va metabolik buzilishlar o‘rtasidagi bog‘liqlik ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan o‘rganilgan. Ularning fikricha, homila davrida kislorod yetishmovchiligi yuzaga kelganda organizmning kompensator mexanizmlari ishga tushadi. Qon aylanishining markazlashuvi natijasida hayot uchun muhim organlar qon bilan ta’minlanadi, biroq ichak, jigar va suyak to‘qimalarida metabolik buzilishlar rivojlanadi.

ISSN 3030-3907

Temirning asosiy qismi homila organizmida homiladorlikning uchinchi trimestrida to‘planadi. Muddatidan oldin tug‘ilgan bolalarda ushbu jarayon to‘liq amalga oshmaydi. Natijada organizmda temir zaxiralari kamayib, hayotning dastlabki oylaridayoq temir tanqisligi rivojlanadi.

Bundan tashqari, gipoksiya sharoitida eritropoez jarayonlari ham izdan chiqadi. Temirning transporti va utilizatsiyasi buziladi, eritrotsitlar hayot davomiyligi qisqaradi. Ushbu o‘zgarishlar temir tanqisligi anemiyasi shakllanishiga olib keladi.

Raxit rivojlanishida esa D vitamini almashinuvidagi buzilishlar muhim ahamiyatga ega. Perinatal gipoksiya fonida jigar va buyraklarning funksional yetilishi sekinlashadi. Natijada D vitaminining faol metabolitlari yetarli miqdorda hosil bo‘lmaydi. Shu bilan birga ichakda kalsiy va fosforning so‘rilishi kamayadi. Oqibatda suyak to‘qimasining mineralizatsiyasi buziladi.

TADQIQOTNING MAQSADI. Perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishiga ega bo‘lgan bolalarda anemiya va raxit rivojlanishining klinik-laborator xususiyatlarini o‘rganish, ushbu kasalliklarning uchrash chastotasini aniqlash hamda ularning rivojlanishiga ta’sir etuvchi asosiy xavf omillarini baholash.

MATERIAL VA TADQIQOT USULLARI. Tadqiqot Samarqand davlat tibbiyot universiteti ko‘p tarmoqli klinikasining bolalar bo‘limida 2023–2025-yillar davomida olib borildi. Tekshiruvga perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishi tashxisi qo‘yilgan erta yoshdagi 100 nafar bola jalb qilindi. Nazorat guruhini yosh va jins bo‘yicha mos keluvchi 30 nafar amaliy sog‘lom bolalar tashkil etdi.

Tekshirilgan bolalarning 58 nafari (58,0%) o‘g‘il bolalar, 42 nafari (42,0%) qiz bolalar bo‘ldi. Bolalarning yoshi 1 oydan 24 oygacha bo‘lib, o‘rtacha yosh 11,8±0,7 oyni tashkil etdi.

Tadqiqot davomida bolalarning antenatal va intranatal anamnezi, jismoniy rivojlanish ko‘rsatkichlari, ovqatlanish xususiyatlari hamda klinik holati o‘rganildi. Barcha bolalarda umumiy qon tahlili, gemoglobin, eritrotsitlar soni, gematokrit, zardob temiri, ferritin ko‘rsatkichlari tekshirildi. Kalsiy-fosfor almashinuvini baholash maqsadida qondagi umumiy kalsiy, fosfor va ishqoriy fosfataza miqdori aniqlandi.

Raxit tashxisi klinik belgilar va laborator tekshiruvlar asosida qo‘yildi. Anemiya darajasi Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti mezonlariga muvofiq baholandi.

Olingan natijalarga statistik ishlov berish Microsoft Excel va Statistica 10.0 dasturlari yordamida amalga oshirildi. O‘rtacha arifmetik qiymat (M), standart

ISSN 3030-3907

xatolik (m) hisoblandi. Guruhlar orasidagi farqning ishonchliligi Styudent mezoni yordamida aniqlanib, p<0,05 qiymat statistik ahamiyatli deb qabul qilindi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI. Tadqiqot natijalari perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishi bo‘lgan bolalarda anemiya va raxitning yuqori uchrashini ko‘rsatdi. Tekshirilgan 100 nafar bolaning 68 nafarida (68,0%) turli darajadagi anemiya aniqlangan bo‘lsa, 57 nafarida (57,0%) raxit belgilari qayd etildi. 46 nafar bolada (46,0%) esa anemiya va raxit birgalikda uchradi.

Anemiya aniqlangan bolalar orasida yengil daraja 39 nafar (57,4%), o‘rtacha og‘ir daraja 23 nafar (33,8%) va og‘ir daraja 6 nafar (8,8%) bolada kuzatildi.

Gemoglobin ko‘rsatkichlari tahlili asosiy guruh bolalarida nazorat guruhiga nisbatan sezilarli pasayganligini ko‘rsatdi. Perinatal shikastlanishga ega bolalarda gemoglobinning o‘rtacha miqdori 102,6±2,1 g/l ni tashkil etgan bo‘lsa, nazorat guruhida ushbu ko‘rsatkich 118,4±1,8 g/l ga teng bo‘ldi (p<0,05).

Raxit aniqlangan bolalarda mushak gipotoniyasi, ortiqcha terlash, bezovtalik, katta liqildoqning kech yopilishi va suyak tizimidagi deformatsiyalar ko‘proq uchradi. Kalsiy-fosfor almashinuvi ko‘rsatkichlari ham sezilarli darajada o‘zgarganligi kuzatildi.

Qondagi umumiy kalsiy miqdori asosiy guruhda 2,09±0,03 mmol/l ni tashkil etib, nazorat guruhidagi ko‘rsatkichdan (2,42±0,04 mmol/l) ishonchli ravishda past bo‘ldi (p<0,05). Fosfor miqdori ham kamayganligi qayd etildi. Ishqoriy fosfataza faolligi esa raxit bilan kasallangan bolalarda deyarli ikki barobar yuqori ekanligi aniqlandi.

Perinatal shikastlanishning xavf omillari tahlili shuni ko‘rsatdiki, anemiya va raxit rivojlangan bolalar orasida intrauterin gipoksiya 61,0%, fetoplasentar yetishmovchilik 53,0%, tug‘ruq asfiksiyasi 44,0% va muddatidan oldin tug‘ilish 32,0% hollarda uchradi.

1-Jadval

Perinatal shikastlanishga ega bo‘lgan bolalarning umumiy tavsifi (n=100)

Ko‘rsatkich	Bemorlar soni (n)	Ulushi (%)
Jami bolalar	100	100,0
O‘g‘il bolalar	58	58,0
Qiz bolalar	42	42,0
0–6 oylik	24	24,0
6–12 oylik	38	38,0

ISSN 3030-3907

Ko‘rsatkich	Bemorlar soni (n)	Ulushi (%)
12–24 oylik	38	38,0
Muddatida tug‘ilgan	68	68,0
Muddatidan oldin tug‘ilgan	32	32,0
Tug‘ruq asfiksiyasi kuzatilgan	44	44,0
Intrauterin gipoksiya kuzatilgan	61	61,0
Fetoplasentar yetishmovchilik	53	53,0

2-Jadval

Tekshirilgan bolalarda anemiya va raxitning uchrash darajasi

Kasallik turi	Bemorlar soni (n)	Ulushi (%)
Anemiya aniqlangan	68	68,0
Anemiya aniqlanmagan	32	32,0
Raxit aniqlangan	57	57,0
Raxit aniqlanmagan	43	43,0
Anemiya va raxit birgalikda	46	46,0

3-Jadval

Anemiya og‘irlik darajasi bo‘yicha taqsimlanishi (n=68)

Daraja	Bemorlar soni	%
Yengil anemiya	39	57,4
O‘rtacha og‘ir anemiya	23	33,8
Og‘ir anemiya	6	8,8
Jami	68	100

4-Jadval

Raxit darajasi bo‘yicha taqsimlanishi (n=57)

Raxit darajasi	Bemorlar soni	%
I daraja	28	49,1
II daraja	21	36,8
III daraja	8	14,1
Jami	57	100

ISSN 3030-3907

5-Jadval

Gemoglobin ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	M±m
Sog‘lom bolalar (n=30)	118,4±1,8 g/l
Perinatal shikastlanishli bolalar (n=100)	102,6±2,1 g/l
Anemiya mavjud bolalar (n=68)	94,8±1,7 g/l

6-Jadval

Kalsiy-fosfor almashinuvi ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Nazorat guruhi	Asosiy guruh
Umumiy kalsiy (mmol/l)	2,42±0,04	2,09±0,03*
Fosfor (mmol/l)	1,72±0,03	1,31±0,02*
Ishqoriy fosfataza (ED/l)	212±14	396±18*

p<0,05 – nazorat guruhiga nisbatan ishonchli farq.

Olingan natijalar perinatal gipoksiya va markaziy nerv tizimining shikastlanishi temir hamda mineral almashinuvi buzilishlarining rivojlanishida muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Bu esa hayotning dastlabki ikki yilida anemiya va raxit rivojlanish xavfini oshiradi hamda bolaning jismoniy va nerv-psixik rivojlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

XULOSA. Perinatal markaziy nerv tizimi shikastlanishi bolaning metabolik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Bunday bolalarda temir tanqisligi anemiyasi va raxit rivojlanish xavfi yuqori bo‘lib, ularning shakllanishida intrauterin gipoksiya, fetoplasentar yetishmovchilik, muddatidan oldin tug‘ilish va noto‘g‘ri ovqatlantirish muhim rol o‘ynaydi.

Anemiya va raxitning birgalikda rivojlanishi bolaning jismoniy hamda neyropsixik rivojlanishini sekinlashtiradi, kasalliklarning tez-tez qaytalanishiga sabab bo‘ladi. Shu bois perinatal shikastlanishga ega bolalarda ushbu kasalliklarni erta aniqlash, profilaktika qilish va kompleks davolash pediatriyaning muhim vazifalaridan biri hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. Намазова-Баранова Л.С., Баранов А.А. Педиатрия. Национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. – 1104 с.
2. Захарова И.Н., Дмитриева Ю.А., Бережная И.В. Рахит и витамин D-дефицитные состояния у детей. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 224 с.
3. Коровина Н.А., Заплатников А.Л. Железодефицитные состояния у детей раннего возраста. Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2021;66(4):15–22.

ISSN 3030-3907

4. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Намазова-Баранова Л.С. Детские болезни. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 1024 с.
5. Торопцова Н.В., Никишина И.П., Насонов Е.Л. Современные представления о диагностике и лечении остеопороза и рахита у детей. Научно-практическая ревматология. 2024;62(4):369–376.
6. Кондратьева Е.И., Лошкова Е.В., Захарова И.Н., Шубина Ю.Ф. и др. Оценка обеспеченности витамином D в различные возрастные периоды. Медицинский совет. 2021;12:294–303.
7. Мансурова Г.Ш., Мальцев С.В., Мансурова Д.М. Влияние питания на состояние костной системы у детей. Практическая медицина. 2021;19(6):32–37.
8. World Health Organization. Guideline on iron supplementation in infants and children. Geneva: WHO, 2023.

ISSN 3030-3907

РАЗВИТИЕ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ И ЦИФРОВОЙ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ

Хисматова Халиса Фаитовна
Национальный педагогический университет Узбекистана имени Низами, старший преподаватель кафедры «Химия»
E-mail: xismatova@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме формирования Hard и Soft skills будущих учителей химии в процессе работы с цифровыми инструментами фиксации данных. Изучается специфика использования камер современных смартфонов, оснащенных алгоритмами искусственного интеллекта, при проведении химических экспериментов. В работе экспериментально доказано, что цифровая фотография искажает цветопередачу осадков, создавая иллюзию химических эффектов. Предложена методика интерактивного фото-квеста для развития критического мышления студентов. Практическая значимость заключается в подготовке педагогов, способных экспертно оценивать достоверность цифрового образовательного контента в высокотехнологичной среде.

Ключевые слова: подготовка учителя химии, искусственный интеллект, Hard skills, Soft skills, цифровая фотография, гидроксиды железа, критическое мышление.

Annotatsiya. Maqola raqamli ma’lumotlarni qayd etish vositalari bilan ishlash jarayonida bo‘lajak kimyo o‘qituvchilarining Hard va Soft skills ko‘nikmalarini shakllantirish muammosiga bag‘ishlangan. Kimyoviy tajribalarni o‘tkazishda sun’iy intellekt algoritmlari bilan jihozlangan zamonaviy smartfon kameralaridan foydalanish o‘ziga xosligi tadqiq qilingan. Ishda hisoblash fotografiyasi cho‘kmalarning rang uzatish xususiyatlarini buzib ko‘rsatishi va kimyoviy effektlar illyuziyasini yuzaga keltirishi eksperimental tarzda isbotlangan. Muallif tomonidan talabalarning tanqidiy fikrlashini rivojlantirish uchun interaktiv foto-kvest metodikasi taklif etilgan. Amaliy ahamiyati yuqori texnologiyali muhitda raqamli ta’lim kontentining ishonchliligini ekspert baholashga qodir pedagoglarni tayyorlashdan iborat.

Kalit so‘zlar: Hard skills, Soft skills, kimyo ta’limi, sun’iy intellekt, hisoblash fotografiyasi, foto-kvest, tanqidiy fikrlash.

Abstract. The article is devoted to the problem of developing Hard and Soft skills of future chemistry teachers in the process of working with digital data recording tools. The specificity of using modern smartphone cameras equipped with artificial intelligence algorithms during chemical experiments is investigated. The paper experimentally proves that computational photography distorts the color reproduction of precipitates, creating an illusion of chemical effects. The author

proposes a methodology of an interactive photo-quest to develop students' critical thinking. The practical significance lies in the training of educators capable of expertly assessing the reliability of digital educational content in a high-tech environment.

Keywords: Hard skills, Soft skills, chemistry education, artificial intelligence, computational photography, photo-quest, critical thinking.

ВВЕДЕНИЕ.

Сегодня, с развитием цифровых технологий и внедрением искусственного интеллекта в различные сферы жизнедеятельности человека, образование выступает одним из тех ключевых направлений, в котором эти технологии трансформируют содержание обучения на всех его уровнях и предоставляет образовательному процессу инновационный потенциал для совершенствования имеющихся методов, форм и средств обучения, что ведет к эволюции самого учебного процесса. [1] Но, тем не менее, это одна из самых противоречивых технологических тенденций XXI века! [2]

Так, проблема достоверности цифровой фиксации данных в химии сегодня стоит особенно остро. Исследователи в работах по смартфонной колориметрии указывают, что алгоритмы вычислительной фотографии, встроенные в современные флагманские смартфоны, к сожалению, ориентированы на эстетическое восприятие, а не на научную точность. [3]

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ.

Несомненно, искусственный интеллект – один из ключевых инструментов повышения наглядности и интерактивности учебного процесса, но, при этом, как отмечают Л. К. Раицкая и Е. В. Тихонова**,** внедрение интеллектуальных систем в вузовскую практику требует особого внимания к развитию критического мышления студентов, чтобы избежать слепого доверия алгоритмам. [4]

Что, лишь подтверждает то, что будущий учитель химии должен уметь сравнивать полученные снимки при проведении лабораторной работы, отличая химический эффект от программной обработки.

Проблема того, как ИИ внутри смартфонов искажает реальные цвета осадков, стала активно изучаться учеными именно в последние годы.

Так, ученые из ACS в своих работах доказывают, что разные бренды смартфонов (флагманы и бюджетные модели) из-за встроенных ИИ-алгоритмов по-разному передают RGB-каналы цвета одного и того же раствора.

Авторы называют это «системной ошибкой устройств» (device bias) и призывают учить студентов-химиков критически оценивать точность мобильной фотографии. Студенты привыкают воспринимать обработанную

ISSN 3030-3907

фотографию как абсолютную истину. В результате у молодежи притупляется навык критического анализа, а, значит, делает их уязвимыми перед техническими «ошибками» алгоритмов.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Сделав упор на данной проблеме, и, опираясь на современные исследования ACS 2025 года, перед студентами педагогического вуза была поставлена задача: экспериментально получить и зафиксировать образовавшиеся осадки гидроксидов железа (II) и (III) в фотоснимках на разных мобильных устройствах.

В связи с вышеизложенным, студентам предложено экспериментальное задание разделить на следующие этапы:

1. Экспериментальный этап – получение в виде осадков гидроксидов железа (II) и (III).

2. Цифровой этап (направленный на формирование Hard Skills) – фиксирование результатов химических экспериментов на смартфоны разных технологических классов (флагманские устройства с агрессивными ИИ-процессорами и бюджетные модели со слабой постобработкой).

3. Аналитический этап (формирующий у студентов Soft Skills) и заключающийся в загрузке молодыми «исследователями» полученных снимков в ChatGPT с запросом на автоматическую идентификацию гидроксидов железа (II) и железа (III) по цвету. По завершению, студенты сопоставляют источники данных и заполняют сравнительную таблицу.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

Студенты, изучая осадок гидроксида железа (II) на фотографиях, полученных с разных мобильных устройств, демонстрируют большую разницу (Рис.1):



Рисунок 1: Образование осадка гидроксида железа (II) серо-зеленого цвета а) снимок с агрессивной ИИ-обработкой, б) снимок с естественной цветопередачей.

ISSN 3030-3907

На снимке слева наблюдается эффект адаптивной цветокоррекции ИИ-процессора современного смартфона. На снимке справа представлена более естественная визуализация процесса. Сопоставление данных кадров позволяет студенту развить Hard Skill, т.е. будущий учитель учится отличать реальное изменение химических свойств (влияние природы реагента) от артефактов цифровой обработки изображения.

Таким образом, критическая оценка «цифрового следа» эксперимента становится неотъемлемой частью когнитивной гибкости (Soft Skills) современного учителя химии.

Таблица 1

Формирование компетенций будущего учителя химии в процессе анализа цифровой фиксации опытов (на примере осадка fe(oh)$_2$)

Источник: составлено на основе полученных данных

Объект исследования	Hard Skills (Цифровые навыки)	Soft Skills (Критическое мышление)	Результат обучения
Осадок $Fe(OH)_2$	Навык формирования сложных запросов для ИИ для объяснения визуальных аномалий.	Способность дифференцировать химический фактор (pH, реагент) и технический (камера).	Навык интерпретации данных в условиях неопределенности.

Таким образом, на примере образования гидроксида железа (II) обоснована необходимость обучения будущих педагогов умению сравнивать и определять результаты лабораторной работы. Результаты подтверждают, что проведение реального эксперимента и использование ИИ-инструментов способствует формированию профессиональных компетенций у современного педагога, способного объективно оценивать данные в нынешней высокотехнологичной образовательной среде.

Не менее интересным для студентов оказалось интерактивное задание «Фото-квест «Реальность и иллюзия осадков»», цель которого – сопоставить цифровые снимки гидроксида железа (III) и определить фотоснимок, демонстрирующий реальный осадок, а где – результат мобильного устройства (таких как iPhone) с программой, улучшающей изображение:

Проведение данного интерактивного задания «Фото-квест «Реальность и иллюзия осадков»», направленно на одновременное развитие Hard и Soft skills будущих педагогов и состоит из следующих этапов:

ISSN 3030-3907

1. Этап постановки задачи и проведения эксперимента. Студентам выдается задание синтезировать в лабораторных условиях осадки гидроксидов железа (II) и (III). После получения осадков учебным группам поручается зафиксировать результат на камеры личных смартфонов разных технологических классов (от флагманов с агрессивными ИИ-фильтрами до бюджетных моделей). На этом этапе формируются базовые Hard skills: навыки работы с химической посудой, реактивами и первичной настройки мобильной камеры.



Рисунок 2: Получение осадков гидроксидов железа (II) и (III)

2. Этап верификации и работы с ИИ (ChatGPT). Полученные фотоснимки студенты загружают в ChatGPT. Нейросети задается стандартизированный промпт: «Идентифицируй химическое вещество в пробирке строго по его цвету на изображении». Студенты фиксируют ответы ИИ и сопоставляют их с реальными химическими фактами, заполняя сравнительную таблицу.

3. Этап экспертной оценки и дискуссии. На финальном этапе организуется групповое обсуждение. Студенты выступают в роли «экспертов-криминалистов», которые должны публично защитить свои выводы, аргументируя, на каких именно снимках ИИ исказил RGB-каналы (создал иллюзию), а какие снимки передают научную реальность.

На основе сравнительного анализа серии экспериментов по получению гидроксидов железа (II) и (III) выявлены ключевые факторы, влияющие на достоверность цифровых фотографий. А студенты, таким образом, формируя Hard skills, приобретают навыки настройки параметров съемки и

ISSN 3030-3907

использования ИИ-приложений для анализа цвета, а способность отличить реальные фотографии от «улучшенных» нейросетями изображения формировало у студентов Soft skills, т.е. развитие их критического мышления.



Рисунок 3: Фиксирование результатов на камеры личных смартфонов разных технологических классов



Рисунок 4: Изображение осадка гидроксида железа (III) на разных мобильных устройствах

В результате, будущий учитель перестает слепо верить экрану смартфона. Он получает навык экспертной оценки цифрового контента – то есть становится так называемым «экспертом», способным отличить реальные снимки от фотографий, в которых сработал фильтр телефона; умеет

ISSN 3030-3907

настроить камеру так, чтобы она не искажала цвета, и, в последующем, сможет научить своих будущих школьников критически оценивать любые картинки и графики в интернете.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Таким образом, на примере подобных методических подходов в области химии возникает необходимость обучения будущих педагогов умению сравнивать и определять результаты лабораторной работы. Результаты подтверждают, что проведение реального эксперимента и использование ИИ-инструментов способствует формированию профессиональных компетенций у современного педагога, способного объективно оценивать данные в нынешней высокотехнологичной образовательной среде.

На основе вышеизложенного, рекомендовано внести в учебный процесс ряд следующих научно-методических предложений:

– Внести так называемую «цифровую гигиену» при выполнении подобных интерактивных заданий, т.е. обучающиеся должны освоить навыки ручной настройки параметров съемки для получения научно достоверных фотоснимков.

– Для развития у студентов Hard и Soft skills организовать кружковую деятельность «Цифровые технологии и ИИ в химическом образовании.

– Разработать цифровой дидактический атлас под руководством преподавателя, эталонных фотографий и видеоматериалов, очищенных от программных артефактов ИИ, для их последующего использования в будущей профессиональной деятельности в качестве учителей химии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токтарова Вера Ивановна, Попова Олеся Геннадьевна, Сагдуллина Ильнара Ирековна, Белянин Валерий Александрович Технологии искусственного интеллекта в практике современного высшего образования // Вестник Марийского государственного университета. 2023. №2 (50). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-praktike-sovremennogo-vysshego-obrazovaniya (дата обращения: 11.06.2026).
2. Искусственный интеллект в образовательном контенте: актуальный тренд и практические аспекты эволюции учебного процесса / А. А. Калинин, Н. Ю. Королева, Н. И. Рыжова, Ю. В. Фёдорова // Наука и школа. 2024. № 5. С. 98–113. DOI: 10.31862/1819-463X-2024-5-98-113.
3. How Digital Images Are Transforming Chemical Education / R. S. Santos [et al.] // ACS Omega. — 2025. — Vol. 10, no. 1. — P. 302–315. — URL: acs.org (дата обращения: 23.05.2026).

ISSN 3030-3907

4. Раицкая Лилия Климентовна, Тихонова Елена Викторовна Soft skills в представлении преподавателей и студентов российских университетов в контексте мирового опыта // Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. 2018. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soft-skills-v-predstavlenii-prepodavateley-i-studentov-rossiyskih-universitetov-v-kontekste-mirovogo-opyta (дата обращения: 08.06.2026).

ISSN 3030-3907

ИЗУЧЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИФЕРОЛА В ЯЙЦАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СЕЗОНА ГОДА

Тошмуродов Д. А.
Самаркандский государственный медицинский университет
Самарканд, Узбекистан
E-mail: dostonjon.toshmurodov@gmail.com

Аннотация. Определение количества витамина D в повседневных продуктах питания имеет важное значение в профилактике, лечении патологических состояний касающихся гипо- и авитаминозоного состояния, а также в поддержании здорового физиологического уровня здоровья. Целью исследования явилось изучить влияния сезон года на изменения витамина D в яйцах. В качестве биоматериала для эксперимента использовали яичные желтки местных домашних кур и кур так называемой немецкой породы, которые содержались в виварии ЦНИЛ в стандартных условиях. Количество витамина D в яйцах домашних кур зимой на 11,89%, весной на 50,0% и летом на 44,0% выше, чем в яйцах немецких пород.

Ключевые слова: холекальциферол, эргокальциферол, колориметрия, кальцидиол.

Annotation. Determining the amount of vitamin D in everyday foods is important in the prevention, treatment of pathological conditions related to hypo- and avitaminosis, as well as in maintaining a healthy physiological level of health. The aim of the study was to study the influence of the season of the year on changes in vitamin D in eggs. As a biomaterial for the experiment, we used egg yolks of local domestic chickens and chickens of the so-called German breed, which were kept in the vivarium of the Central Scientific Research Laboratory under standard conditions. The amount of vitamin D in the eggs of domestic hens is 11.89% higher in winter, 50.0% in spring and 44.0% higher in summer than in eggs of German breeds.

Keywords: cholecalciferol, ergocalciferol, colorimetry, calcidiol.

Annotatsiya. Kundalik oziq-ovqat mahsulotlarida D vitaminining miqdorini aniqlash gipo- va avitaminoz holatlari bilan bog‘liq patologik sharoitlar (kasalliklar)ning oldini olish hamda davolashda, shuningdek, salomatlikning sog‘lom fiziologik darajasini saqlab turishda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqotning maqsadi tuxum tarkibidagi D vitaminining o‘zgarishiga yil faslining ta’sirini o‘rganishdan iborat edi. Eksperiment uchun biomaterial sifatida Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasining vivariysida standart sharoitlarda boqilgan mahalliy xonaki tovuqlar va "nemis zoti" (porodasi) deb nomlanuvchi tovuqlarning tuxum sarig‘idan foydalanildi. Xonaki tovuqlar tuxumidagi D vitaminining miqdori nemis

ISSN 3030-3907

zotli tovuq tuxumlariga qaraganda qishda 11,89% ga, bahorda 50,0% ga va yozda 44,0% ga yuqoridir.

Kalit so‘zlar: xolekalsiferol, ergokalsiferol, kolorimetriya, kalsidiol.

ВВЕДЕНИЕ.

Классическая роль витамина D связана с поддержанием нормального состояния скелетно-мышечной системы. Однако в последние годы получены доказательства того, что сниженные концентрации в сыворотке крови гормональной формы витамина D – 1,25-дигидроксивитамин D ассоциированы с целым рядом вне скелетных заболеваний (некоторые виды карциномы, артериальная гипертензия, возрастное снижение когнитивных функций, нарушения функций иммунной и репродуктивной систем и др.). Профилактика этих заболеваний имеет место, если в сыворотке крови содержание 1,25- дигидроксивитамин D значительно выше, чем это необходимо для поддержания нормального состояния костной ткани, регуляции абсорбции и поддержания гомеостаза кальция [1].

Поэтому определение количества витамина D в повседневных продуктах питания имеет важное значение в профилактике, лечении патологических состояний касающихся гипо- и авитаминозоного состояния, а также в поддержании здорового физиологического уровня здоровья.

Главной функцией как холекальциферола, так и эргокальциферола является обеспечение всасывания кальция и фосфора из продуктов питания в тонком кишечнике (преимущественно в двенадцатиперстной кишке). Известно, что значение витамина D для организма человека заключается не только в его влиянии на процессы формирования костной системы, но и во многих внекостных эффектах холекальциферола. Витамин D является стероидным гормоном, необходимым для поддержания гормонального гомеостаза, и является компонентом для широкого спектра физиологических процессов и оптимального состояния здоровья человека [2].

Известны 2 формы витамина – эргокальциферол (витамин D_2, который был открыт первым) и холекальциферол (витамин D_3) (рис. 1).

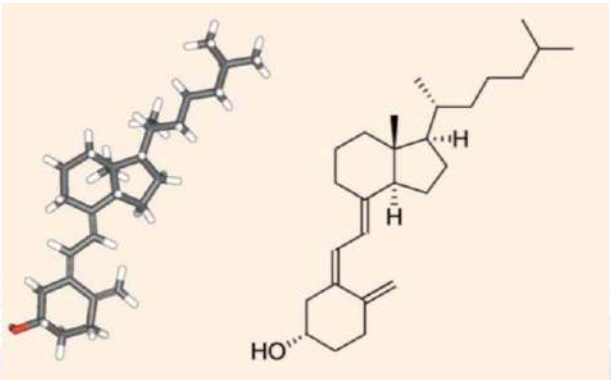


Рисунок 1. Холекальциферол (Cholecalciferolum) [3].

ISSN 3030-3907

Витамин D в обеих формах является провитамином. Для активации витамин D подвергается гидроксилированию в печени с образованием 25-гидрокси-холекальциферола ($25(OH)D_3$, кальцидиол), затем под воздействием 1-α-гидроксилазы почечных канальцев или плаценты у беременных – в активную форму витамина D-1,25-дигидрокси-холекальциферол ($1,25(OH)_2D_3$, кальцитриол или D-гормон) [4]. В разнообразных тканях витамин D оказывает свое действие путем связывания с рецептором витамина D (VDR), стероидом ядерного рецептора и внутриклеточного фактора транскрипции. Регуляция экспрессии VDR является одним из основных механизмов, посредством которых клетки-мишени реагируют на кальцитриол так, что полиморфизмы этого рецептора изменяют обычный режим функционирования [5, 6]. В тканях матки, яичников, плаценты, гипофиза имеются рецепторы к витамину D. Витамин D подавляет ренин-ангиотензиновую систему и пролиферацию клеток гладких мышц сосудов, снижает уровень инсулина в крови, улучшает эндотелий-зависимую вазодилатацию, препятствует антикоагулянтной активности, тем самым предотвращает развитие артериальной гипертензии. Активная форма витамина D регулирует транскрипцию и функцию генов, связанных с инвазией трофобласта, нормальной имплантацией и ангиогенезом [7-9].

Птицеводство на сегодняшний день является наиболее наукоемкой и динамичной отраслью мирового и отечественного агропромышленного комплекса. Это объясняется тем, что мясо птицы является высококачественным, а яйца – полноценным и наиболее доступным для разных слоев населения источником белка. Идеальные современные продукты питания должны не только удовлетворять физиологические потребности организма в энергетических и пластических веществах, но и выполнять профилактические и лечебные функции. Целенаправленное дополнение рациона питания сельскохозяйственной птицы экологически безопасными, эффективными препаратами позволяет создавать продукты питания с заданными свойствами. Именно к таким продуктам относятся пищевые яйца [10].

Целью исследования явилось изучить влияния сезон года на изменения витамина D в куриных яйцах.

Экспериментальная часть

Экспериментальная часть наших исследований была направлена на определение количества витамина D_3 в куриных яйцах.

Для поставленной цели, сперва проводили качественные реакции на присутствие витамина D в курином яйце. Для этого в сухую пробирку наливалось: спиртовый раствор экстракта яйца и добавили раствор брома в

ISSN 3030-3907

хлороформе (1:60). Раствор принял зелёновато-голубую окраску, свидетельствующую о наличии в растворе витамина D. Опрыскивание хроматограммы этанольного экстракта яйца хлороформным раствором пентахлорида сурьмы даёт коричневосинюю окраску, характерную витаминам группы D.

Так как биоматериал считается самой многокомпонентной системой, в состав которого входит около 50 разных микроэлементов и соединений, разделение электрофоретическими методами колоночной хроматографии не привело к успеху. Отдельные типовые сгруппировавшиеся соединения не отделились друг от друга при использовании этих методов. Исходя из этого, мы пришли к выводу, что в яйце витамин D_3 связан с фосфолипидами, белками, аминокислотами и другими азотистыми основаниями в виде прочного конгломератного комплекса, который необходимо было разрушать действием ацетилхлорида, как ацилирующего реагента для связывания высокомолекулярных белковых компонентов и нуклеофил содержащих соединений. (аминокислот, фенолов). Витамин D_3 в биоматериале связывали с хлоридом сурьмы (III) для образования окрашенного продукта, необходимого для определения оптической плотности раствора, служащего мерой для уточнения количества витамина D_3.

Калибровочную кривую строили, откладывая значения оптической плотности (D) растворов при 260нм [11, 12, 13].

В качестве биоматериала для эксперимента использовали яичные желтки местных домашних кур и кур так называемой немецкой породы, которые содержались в виварии ЦНИЛ в стандартных условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ.

Полученные исследованные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты определения содержания витамина D_3 в куриных яйцах разных сезонах года (в мкг/100г)

№ опыта	Зима		Весна		Лето	
	Немецкая порода	Местная порода	Немецкая порода	Местная порода	Немецкая порода	Местная порода
n_1	4,0	4,1	6	9,2	6,2	9,5
n_2	3,3	3,9	5,0	8,6	7,0	9,6
n_3	3,1	4,2	7	8,0	7,2	8,9
n_4	4,1	4,0	6,9	9,6	6,0	9,
n_5	4,0	4,5	5,1	9,7	6,6	9,6

ISSN 3030-3907

$\sum n$	18,5	20,7	30	45,1	33,0	47,8
$\sum_n/n$	3,7	4,14	6,0	9,0	6,6	9,5
$\Delta\pm_s$	0,7	0,8	0,7	1,6	1,3	1,7

Из таблицы 1 видно, что количественные показатели витамина D_3 в яичном желтке кур немецкой породы во все сезоны значительно ниже, чем у местных кур.

Данные значения составили у немецкой породы 3,7±0,7мкг на 100г продукта зимой, 6±0,7мкг на 100г продукта весной, 6,6±1,3мкг на 100г продукта летом. Тогда как в яйцах местной породе данные показатели составили 4,14±0,7; 9,0±1,6 мкг и 9,5±1,7 соответственно. По результатам анализа количественные показатели витамина D в желтках куриных яиц изменяются по сезонам года.

Эти цифры показывают, что количество витамина D у домашних кур в зимней период на 11,89% выше чем эти показатели у немецкой породы в этот-же период; показатели в весенний период на 50,0%; показатели в летний период на 44,0% чем в яйцах немецких кур.

Количество витамина D в яйцах кур обеих пород сильно колеблется в зависимости от сезона. Эти цифры еще более отчетливо видны на гистограмме, представленной на рисунке 2.

В частности, количество витамина D в яйцах немецких кур весной на 62,2 % выше, чем зимой, летом - на 78,4 %, а в яйцах домашних - соответственно на 117,9 и 129,5 %.

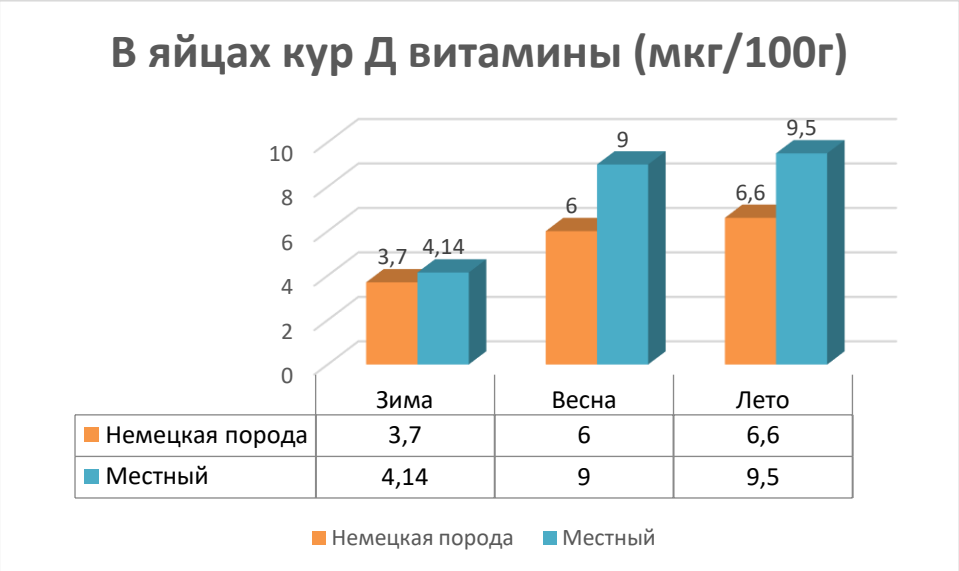


Рисунок 2. Сезонное изменение содержания витамина D в желтке куриного яйца.

Следует отметить, что яйца домашних кур имеют высокое содержание витамина D.

ISSN 3030-3907

ВЫВОДЫ

1. Количественные показатели содержания витамина Д в желтке куриных яиц меняются в зависимости от сезона. Эти значения составляют зимой у немецких кур 3,7±0,7мкг на 100г продукта зимой, 6±0,7мкг на 100г продукта весной, 6,6±1,3мкг на 100г продукта летом. Тогда как в яйцах местной породе данные показатели составили 4,14±0,7; 9,0±1,6 мкг и 9,5±1,7 соответственно.

2. Количество витамина D в яйцах домашних кур зимой на 11,89%, весной на 50,0% и летом на 44,0% выше, чем в яйцах немецких пород.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Коденцова, В.М. Физиологическая потребность и эффективные дозы витамина D для коррекции его дефицита. Современное состояние проблемы / В.М. Коденцова, О.И. Мендель, С.А. Хотимченко и др. // Вопросы питания. – 2017. – Том 86. – С. 47-62.
2. Калинченко С.Ю. Витамин D и репродуктивное здоровье женщин. Пробл. Репродукции, 2016, 4: 28–36. / Kalinchenko S. Yu. Vitamin D i reproduktivnoe zdorov'e zhenshchin. Probl. Reproduktsii, 2016, 4: 28–36. (in Russian).
3. Буралкина Н. А., Арутюнова Е. Э., Власова Г. А. Глобальные проблемы витамин-D-статуса: причины, патогенетические механизмы, лечение, меры профилактики //Медицинский совет. – 2018. – №. 12. – С. 152-158.
4. Hollis BW. Circulating 25-hydroxyvitamin D levels indicative of vitamin D sufficiency: implications for establishing a new effective dietary intake recommendation for vitamin D. J Nutr, 2005, 135(2): 317–322.
5. Lanham-New SA, Buttriss JL, Miles LM, et al. Proceedings of the rank forum on vitamin D. British Journal of Nutrition, 2011, 105(1): 144- 156.
6. Lewis S, Lucas RM, Halliday J, Ponsonby A-L. Vitamin D deficiency and pregnancy: From preconception to birth. Molecular Nutrition and Food Research, 2010, 54(8): 1092-1102.
7. Baker AM, Haeri S, Camargo CA Jr, Espinola JA,Stuebe AM. First trimester maternal vitamin D status and risk of gestational diabetes: nested case-control study. Diabetes Metab Res Rev, 2012, 28(2): 164–168.
8. Robinson CJ, Alanis MC, Wagner CL, Hollis BW, Johnson DD. Maternal vitamin D and fetal growth in early-onset severe preeclampsia. Am J Obstet Gynecol, 2011, 204(6): 551–554.
9. Liu NQ, Kaplan AT, Lagishetty V, Ouyang YB, Ouyang Y, Simmons CF et al. Vitamin D and regulation of placental inflammation. J Immunol, 2011, 186(10): 5968–5974.
10. Серга П. В. Особенности химического состава яйца в зависимости от рациона кормления. – 2018.

ISSN 3030-3907

11. Шоев С. Х. Экстракция и идентификация биологически активных органических компонентов природного мумиё //А в т о р е ф е р а т диссертации на соискание учёной степени кандидата химических наук. Душанбе–2019. – 2019.
12. Azim B. et al. The state of free-radical oxidation of lipids in experimental myocardial infarction in rats //European Journal of Molecular & Clinical Medicine. – 2021. – Т. 8. – №. 3. – С. 816-820.
13. Azim B. et al. Analysis of the selection of the covering material for the treatment of thermal burn of the skin //European Journal of Molecular & Clinical Medicine. – 2021. – Т. 8. – №. 03. – С. 2021.

ISSN 3030-3907

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ РАСТВОРА МЕТИЛДИЭТАНОЛАМИНА ОТ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ СОЛЕЙ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Джураева Л.Р
БГТУ доцент
Рузиев Ф.Б
БГТУ магистр

Abstract. This article provides a deep analysis of the issues surrounding the restoration of performance properties (regeneration) of methyldiethanolamine (MDEA) solutions, which are widely utilized in natural and process gas sweetening plants to remove acid components (CO_2, H_2S) via chemical absorption. Under industrial conditions, the prolonged circulation of the MDEA solution leads to the accumulation of irreversible chemical compounds known as heat-stable salts (HSS). HSS cause corrosion, foaming, solution degradation, and a decline in absorption capacity. The paper investigates and establishes the fundamental physicochemical principles and technological parameters of the purification process using cost-effective colloid-chemical methods (charge neutralization, heterocoagulation, polyelectrolyte flocculation, and surfactant-induced micellization). These methods serve as an efficient alternative to traditional techniques for removing HSS from solutions, such as ion exchange, electrodialysis, and vacuum distillation.

Keywords: Natural gas, process gases, acid components, methyldiethanolamine, heat-stable salts, corrosion, foaming, solution degradation, absorption capacity, circulation, electrodialysis, vacuum distillation, colloid-chemical method, heterocoagulation, polyelectrolyte flocculation, micelle.

Аннотация. В данной статье глубоко проанализированы вопросы восстановления рабочих свойств (регенерации) раствора метилдиэтаноламина (МДЕА), широко применяемого на предприятиях по очистке природных и технологических газов от кислых компонентов (CO_2, H_2S) методом химической абсорбции. В промышленных условиях в процессе длительной циркуляции раствора МДЕА в его составе накапливаются необратимые химические соединения — термостабильные соли (ТСС). ТСС вызывают коррозию, вспенивание, деструкцию раствора и снижение его поглотительной способности. В статье исследованы и обоснованы фундаментальные физико-химические основы и технологические параметры процесса очистки с использованием экономичных коллоидно-химических методов (нейтрализация заряда, гетерокоагуляция, полиэлектролитная флокуляция и мицеллообразование с помощью поверхностно-активных веществ (ПАВ)), которые выступают в качестве альтернативы традиционным

ISSN 3030-3907

методам извлечения ТСС из раствора (ионный обмен, электродиализ, вакуумная дистилляция).

Ключевые слова: Природный газ, технологические газы, кислые компоненты, метилдиэтаноламин, термостабильные соли, коррозия, вспенивание, деструкция раствора, поглотительная способность, циркуляция, электродиализ, вакуумная дистилляция, коллоидно-химический метод, гетерокоагуляция, полиэлектролитная флокуляция, мицелла.

Annotatsiya. Ushbu maqolada kimyoviy absorbsiya usuli yordamida tabiiy va texnologik gazlarni kislotali komponentlardan (CO2, H2S) tozalash korxonalarida keng qo‘llaniladigan metildietanolamin (MDEA) eritmasining ish xususiyatlarini tiklash (regeneratsiya qilish) masalalari chuqur tahlil qilingan. Sanoat sharoitida MDEA eritmasining uzoq vaqt davomida aylanishi jarayonida uning tarkibida qaytarib bo‘lmaydigan kimyoviy birikmalar - termostabil tuzlar (TST) to‘planadi. TST korroziyaga, ko‘piklanishga, eritmaning yemirilishiga va uning yutish qobiliyatining pasayishiga olib keladi. Maqolada iqtisodiy kolloid-kimyoviy usullar (zaryadni zararsizlantirish, heterokoagulyatsiya, polielektrolit flokulyatsiyasi va sirt faol moddalar (sirt faol moddalar) yordamida mitsel hosil bo‘lishi) yordamida tozalash jarayonining asosiy fizik-kimyoviy asoslari va texnologik parametrlari o‘rganildi va asoslandi, ular eritmadan TSSNI olishning an'anaviy usullariga alternativa bo‘lib xizmat qiladi (ion almashinuvi, elektrodializ, vakuumli distillash).

Kalit so‘zlar: tabiiy gaz, texnologik gazlar, kislotali komponentlar, metildietanolamin, termostabil tuzlar, korroziya, ko‘piklanish, eritmani yo‘q qilish, yutish qobiliyati, qon aylanishi, elektrodializ, vakuum distillash, kolloid kimyoviy usul, heterokoagulyatsiya, polielektrolit flokulyatsiyasi, misella.

ВВЕДЕНИЕ.

Одним из важнейших процессов в газоперерабатывающей и нефтехимической промышленности является очистка газовых смесей от коррозионно-активных и токсичных кислых компонентов (SO_4^{2-}, Cl^-, $S_2O_3^{2-}$). На сегодняшний день в промышленности в качестве наиболее эффективного абсорбента для этих целей широко применяются растворы третичного амина — метилдиэтаноламина ($CH_3N(CH_2CH_2OH)_2$, MDEA). МДЕА обладает рядом преимуществ по сравнению с первичными и вторичными аминами: он поглощает с высокой селективностью в присутствии, требует меньше энергии для регенерации и характеризуется низким давлением насыщенных паров, благодаря чему технологические потери амина минимальны. Однако протекание процессов абсорбции и десорбции в установках очистки газа при высоких температурах и в режиме постоянной циркуляции приводит к термической и окислительной деструкции (разложению) амина.

ISSN 3030-3907

В результате этого, а также под воздействием поступающих в систему вместе с газовым потоком кислорода, органических кислот (муравьиной, уксусной, пропионовой, щавелевой кислот) и неорганических анионов (SO_4^{2-}, Cl^-, $S_2O_3^{2-}$), образуются химически стабильные соединения — термостабильные соли (ТСС), которые не разлагаются в процессе обычной термической регенерации (нагрева). Когда концентрация ТСС в промышленном растворе превышает критическую точку, равновесное состояние системы нарушается: снижается поглотительная способность раствора, возрастает гидродинамическое сопротивление за счет увеличения его вязкости, в аппаратах начинается интенсивное вспенивание, а также питтинговая (точечная) коррозия металлических конструкций.

Поэтому разработка технологии непрерывной или периодической очистки растворов МДЕА от ТСС и других коллоидно-дисперсных продуктов разложения, а также обоснование ее теоретических основ являются одной из наиболее актуальных проблем на сегодняшний день. МДЕА является слабым органическим алканоламином, обладающим основными свойствами. Кислоты (HA), поступающие в систему с газом или образующиеся в результате разложения амина, вступают с МДЕА в следующее кислотно-основное взаимодействие: При обычном процессе абсорбции образуются карбаматы или гидрокарбонаты, которые легко разлагаются в десорбере под воздействием тепла, возвращая амин в свободное состояние. Однако, если анион A− является остатком сильной кислоты (например, формиат HCOO−, ацетат CH3COO−, сульфат SO42−), ионная связь между образовавшимся протонированным катионом амина [MDEAH]+ и анионом становится термодинамически очень стабильной. Эти соли не разлагаются даже при температуре 130∘C, то есть в ребойлере (испарителе) регенератора свободный амин не регенерируется, а остается в растворе в виде соли, образуя ТСС.

Кроме того, в присутствии растворенного кислорода происходит деструкция молекул МДЕА по радикально-цепному механизму. При этом в результате окисления гидроксиэтильных групп образуются гликолевый альдегид, формальдегид и впоследствии муравьиная и уксусная кислоты, что приводит к автокаталитическому увеличению количества ТСС. Отработанные промышленные растворы МДЕА представляют собой не просто истинные растворы, а сложные гетерогенные лиофобные и частично лиофильные коллоидные системы. В их состав, помимо ионов ТСС, входят продукты коррозии металлов (сульфиды железа FexSy, гидроксиды железа), микроскопические смолистые высокомолекулярные соединения и гидрофобные капли углеводородов. Эти частицы образуют дисперсную фазу

ISSN 3030-3907

с размером частиц от 10−9 до 10−6 м. Длительное нахождение коллоидных частиц в растворе МДЕА во взвешенном состоянии без осаждения объясняется теорией ДЛФО. Из-за наличия высокого энергетического барьера на поверхности общей потенциальной энергии системы частицы не могут самопроизвольно слипаться, и раствор сохраняет вид стабильной коллоидной системы. Цель процесса очистки — устранение этого энергетического барьера и укрупнение частиц.

При введении в раствор неорганических коагулянтов с многозарядными ионами противоположного знака (например, солей Al3+ или Fe3+) происходит сжатие (компрессия) двойного электрического слоя (ДЭС). Согласно закону Шульце-Харди, коагулирующая способность иона возрастает пропорционально 6-й степени его заряда. Трехвалентные ионы Al3+ нейтрализуют заряд отрицательно заряженных ТСС-коллоидных комплексов, приближая ζ-потенциал к нулю (изоэлектрическая точка). В результате силы отталкивания исчезают, и при сближении частиц на близкое расстояние начинаются процессы молекулярного сцепления и коагуляции. Использование только коагулянта в промышленных условиях может не обеспечить достаточно быстрого осаждения, так как образовавшиеся микросинхронные агрегаты могут снова разрушаться под воздействием гидродинамического потока. По этой причине в систему вводят высокомолекулярные полиэлектролиты — флокулянты (например, катионный полиакриламид).

Процесс флокуляции протекает по механизму «образования макромолекулярных мостиков». Длинные полимерные цепи одновременно адсорбируют несколько коагулированных частиц ТСС своими активными сегментами. В результате образуются крупные «хлопьевидные» флокулы (агрегаты) с довольно высокой плотностью и размером, устойчивые к гидродинамическим воздействиям. Для отделения гидрофобных цепей органических кислот, входящих в состав ТСС, в растворе применяются мицеллообразующие поверхностно-активные вещества (ПАВ). Когда концентрация ПАВ превышает критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ), в растворе образуются сферические и цилиндрические мицеллы. Молекулы ТСС и органические гидрофобные продукты разложения амина притягиваются к гидрофобному ядру этих мицелл и растворяются в нем (процесс солюбилизации). На следующем этапе эти мицеллярные комплексы подвергаются физико-химической адсорбции на поверхности адсорбентов с макропористой структурой (активированный уголь или модифицированные природные минералы — бентонит, цеолит). Исследования проводились на растворе МДЕА (начальная концентрация

ISSN 3030-3907

35%), взятом из промышленной установки очистки газа и эксплуатировавшемся в течение длительного времени, с содержанием ТСС 2.4 масс. %.

Пошаговая методика процесса очистки:

1. Коррекция pH: Исходный pH отработанного аминового раствора обычно находится в пределах 10–11. Для гидролиза коагулянтов и образования оптимальных гидроксикомплексов среду pH снижали с помощью минеральной кислоты до диапазона 7.5–8.5.

2. Термостатирование: С целью интенсификации кинетики броуновского движения и скорости диффузии коллоидных частиц, а также снижения вязкости раствора, образец нагревали до температуры 45–50∘C и термостатировали.

3. Обработка реагентами: В раствор при интенсивном перемешивании (n=300 об/мин) вводили жидкий коагулянт — гидроксихлорид алюминия ($Al2(OH)nCl6-n$) из расчета 1.5–2.0 г/л. Через 3 минуты скорость перемешивания снижали до 40 об/мин и в систему добавляли 0.05%-й раствор катионного флокулянта полиакриламида.

4. Седиментация и фильтрация: После завершения флоккулообразования систему оставляли в статическом состоянии на 30 минут для осаждения. Образовавшийся гетерогенный осадок отделяли на лабораторной вакуум-фильтровальной установке через пористый фильтр с размером пор 5–10 мкм.

Полученные экспериментальные результаты показали очень высокую эффективность коллоидно-химического метода при групповом разделении растворенных и дисперсных примесей в составе МДЕА. Химические анализы (ионная хроматография и потенциометрическое титрование) показали, что после процесса очистки концентрация ТСС снизилась с первоначальных 2.4% до 0.45%, то есть почти в 5 раз. Степень очистки (η) рассчитывали по следующей формуле, и она составила 81.25%:

$$\eta=C0C0-Ct\times100\%=2.42.4-2.45\times100\%=81.25\%$$

Где C0 — исходная концентрация ТСС, Ct— концентрация после очистки. В результате очистки значительно улучшились основные технологические и физико-химические параметры раствора МДЕА (подробная информация приведена в таблице).

Физико-химические и практические показатели растворов

ISSN 3030-3907

Таблица 1

Физико-химические и практические показатели	Отработанный (старый) МДЕА до очистки	Коллоидно-химически очищенный МДЕА	Требования стандарта (Новый МДЕА)
Содержание ТСС, масс. %	2.40	0.45	<0.50
Плотность (ρ,20∘C), g/cm3	1.058	1.032	1.028
Кинематическая вязкость (ν,40∘C), mm2/s	4.82	3.12	2.95
Стабильность пены (время гашения пены), сек	45.0	8.0	<5.0
Коррозионная активность (для стали Ст3), мм/год	0.38	0.05	<0.03
Оптическая плотность раствора (D, λ=420 nm)	1.25	0.12	0.00

Высокое вспенивание отработанных аминовых растворов связано с тем, что ТСС и мелкодисперсные сульфиды железа создают гидрофобный барьер на поверхности пузырьков пены (на границе раздела фаз), что препятствует истончению и разрыву стенок пузырьков (эффект Гиббса-Марангони). Когда эти микрочастицы и анионы ТСС связываются во флокулы и удаляются из системы с помощью коллоидно-химического метода, поверхностное натяжение жидкости увеличивается, а время гашения пены сокращается с 45 до 8 секунд. Это полностью устраняет риск технологического уноса (уноса с пеной) раствора амина потоком газа в промышленных абсорбционных колоннах (абсорберах). Традиционный метод вакуумной термической дистилляции (термическая регенерация) требует очень больших энергозатрат и приводит к дополнительному разложению амина при высоких температурах. Ионообменные смолы (иониты) требуют частой регенерации дорогостоящими реагентами и приводят к образованию больших объемов кислых и щелочных сточных вод. Промышленные преимущества коллоидно-химического метода:

ISSN 3030-3907

• Низкое энергопотребление: Процесс протекает при низких температурах (45–50∘C) и атмосферном давлении, что резко экономит пар и электроэнергию.

• Простота оборудования: Для организации блока очистки достаточно использовать имеющиеся на заводах емкости с мешалками, отстойники и стандартные механические фильтр-прессы.

• Экологическая эффективность: Получаемый плотный осадок (шлам) содержит минимальное количество воды и амина, его можно высушивать и легко утилизировать как твердый промышленный отход.

ВЫВОДЫ.

1. Научно и практически обоснован коллоидно-химический метод очистки раствора МДЕА от термостабильных солей (ТСС). Показано, что процесс подчиняется закономерностям нейтрализации электрокинетического потенциала и гетерокоагуляции.

2. Совместное применение коагулянта гидроксихлорида алюминия и катионного флокулянта полиакриамида позволило извлечь ТСС из отработанного раствора МДЕА с эффективностью до 81.25%.

3. Вязкость очищенного раствора снизилась на 35%, коррозионная активность уменьшилась почти в 7.5 раз, а стабильность пены была снижена до уровня требований стандарта.

4. Предложенный метод является экономически наиболее оптимальной альтернативной технологией для повышения эффективности промышленных установок абсорбционной очистки газа, снижения расхода амина и защиты оборудования от коррозии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bekirov T.M., Lanchakov G.A. *Tekhnologiya pererabotki gaza i kondensata*. — M.: Nedra, 2002. — 512 s.
2. Frolov Yu.G. *Kurs kolloidnoy khimii. Poverkhnostnyye yavleniya i dispersnyye sistemy*. — M.: Khimiya, 1988. — 464 s.
3. Kohl A.L., Nielsen R.B. *Gas Purification*. — 5th ed. — Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1997. — 1414 p.
4. Voyutskiy S.S. *Kurs kolloidnoy khimii*. — M.: Khimiya, 1975. — 512 s.
5. Abdi S., Meak S. *Degradation and regeneration of amine solutions in gas sweetening units* // Journal of Chemical and Petroleum Engineering. — 2015. — Vol. 49, No. 2. — P. 115-128.

ISSN 3030-3907

VINILXLORID MONOMERI SINTEZI UCHUN KO‘MIR O‘ZAGI ASOSIDAGI MIS (I) XLORIDINI VAQT O‘ZGARISHI BO‘YICHA MIS (II) XLORIDIGA O‘TISHI VA FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINING TADQIQOTI

Muxiddinov Baxodir Faxriddinovich
NavDKTU Kimyoviy texnologiya kefedrasi professori
Sa’dullayev Shohrud Mexriddin o‘g‘li
NavDKTU tayanch doktoranti

Annotatsiya. Simobsiz katalizatorlarni asetilenning gidroxlorlanish jarayonida qo‘llashni rivojlantirish vinilxlorid kimyoviy texnologiyasining dolzarb vazifalaridan biri bo‘lib qolmoqda, chunki an’anaviy $HgCl_2$/faollashtirilgan ko‘mir tizimlari toksikologik va ekologik xavflar bilan bog‘liq. Ushbu ishda mis, xlorid kislota, ammoniy xlorid va gazsimon xlor asosida xlorokuprat muhitini hosil qilish hamda keyinchalik mis xlorid zarrachalarini AG-3 va AG-74 faollashtirilgan ko‘mirlariga sorbsion usulda mahkamlashga asoslangan CuCl saqlovchi katalizatorlarni tayyorlash usuli taklif etildi. CuCl eritmasining havodagi barqarorligi, eritmaning uglerodli tashuvchilar tomonidan yutilishi, sirtning funksional tarkibi (IK-spektroskopiya) o‘rganildi. Aniqlanishicha, dastlabki eritma tarkibida 15,4% CuCl va 3,43% $CuCl_2$ mavjud bo‘lib, uning havoda saqlanishi Cu(I)/Cu(II) nisbatining o‘zgarishiga olib keladi; bu holat ayniqsa 20 °C haroratda 120 soat davomida yaqqol namoyon bo‘ladi. Faollashtirilgan ko‘mir bilan 8 soat davomida kontakt qilish AG-74 uchun yutilish ko‘rsatkichining (1,825) AG-3 ga (1,6125) nisbatan yuqoriroq ekanligini ko‘rsatdi. IK-spektrlar uglerod sirtidagi O–H, C=O va C–O funksional guruhlari mis-xlorid zarrachalarini ushlab turishda ishtirok etishini ko‘rsatadi. Olingan natijalar majmuasi AG-74 ni CuCl saqlovchi fazalarni barqarorlashtirish va vinilxloridning asetilenli sintezi uchun dispers, simobsiz prekatalizatorlarni shakllantirishda yanada istiqbolli tashuvchi ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Faollashtirilgan ko‘mir, mis (I) xloridi, mis (II) xloridi, AG-74, AG-74, infraqizil spektroskopiya, yutilish, konsentratsiya, harorat, tezlik, monomer.

Аннотация. Разработка безртутных катализаторов для процесса гидрохлорирования ацетилена остается актуальной задачей химической технологии винилхлорида, поскольку традиционные системы $HgCl_2$/активированный уголь связаны с токсикологическими и экологическими рисками. В данной работе предложен способ получения CuCl-содержащих катализаторов, основанный на формировании хлорокупратной среды из меди, соляной кислоты, хлорида аммония и газообразного хлора с последующей сорбционной фиксацией частиц хлоридов меди на активированных углях AG-3 и AG-74. Исследованы

ISSN 3030-3907

устойчивость раствора CuCl на воздухе, поглощение раствора углеродными носителями и функциональный состав поверхности методом ИК-спектроскопии. Установлено, что исходный раствор содержит 15,4% CuCl и 3,43% $CuCl_2$, а его выдерживание на воздухе сопровождается изменением соотношения Cu(I)/Cu(II), наиболее выраженным при температуре 20 °C в течение 120 часов. Контактирование с активированным углем в течение 8 часов приводит к более высокому показателю поглощения для AG-74 (1,825) по сравнению с AG-3 (1,6125). ИК-спектры свидетельствуют об участии поверхностных функциональных групп O–H, C=O и C–O углеродного носителя в удержании частиц хлоридов меди. Совокупность полученных результатов показывает, что AG-74 является более перспективным носителем для стабилизации CuCl-содержащих фаз и формирования дисперсных безртутных прекатализаторов для ацетиленового синтеза винилхлорида.

Ключевые слова: активированный уголь, хлорид меди(I), хлорид меди(II), AG-3, AG-74, инфракрасная спектроскопия, поглощение, концентрация, температура, скорость, мономер.

Abstract. The development of mercury-free catalysts for the hydrochlorination of acetylene remains an important challenge in vinyl chloride chemical technology, since conventional $HgCl_2$/activated carbon systems are associated with toxicological and environmental risks. In this work, a method for preparing CuCl-containing catalysts is proposed, based on the formation of a chlorocuprate medium from copper, hydrochloric acid, ammonium chloride, and gaseous chlorine, followed by the sorption fixation of copper chloride particles onto AG-3 and AG-74 activated carbons. The stability of the CuCl solution in air, the uptake of the solution by carbonaceous supports, and the surface functional composition by FTIR spectroscopy were investigated. It was established that the initial solution contained 15.4% CuCl and 3.43% $CuCl_2$. Exposure of the solution to air resulted in changes in the Cu(I)/Cu(II) ratio, with the most pronounced effect observed at 20 °C after 120 h. Contact with activated carbon for 8 h led to a higher uptake coefficient for AG-74 (1.825) compared with AG-3 (1.6125). The FTIR spectra indicated that the surface O–H, C=O, and C–O functional groups of the carbon support participate in the retention of copper chloride particles. The overall results demonstrate that AG-74 is a more promising support for stabilizing CuCl-containing phases and for the formation of dispersed mercury-free precatalysts for the acetylene-based synthesis of vinyl chloride.

Keywords: activated carbon, copper(I) chloride, copper(II) chloride, AG-3, AG-74, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), uptake, concentration, temperature, rate, monomer.

KIRISH.

Vinilxlorid polivinilxlorid ishlab chiqarish uchun asosiy monomer hisoblanadi, asetilenni gidroxlorlash esa mintaqamizda texnologik jihatdan muhim jarayon bo‘lib qolmoqda. Klassik asetilen jarayonining asosiy muammosi faollashtirilgan ko‘mirga yotqizilgan sublimat ($HgCl_2$) dan foydalanish bilan bog‘liq. $HgCl_2$ yuqori toksiklikka ega bo‘lib, reaksiya haroratlarida uchuvchanlik xususiyatini namoyon etadi. Bu esa faol komponentning yo‘qolishiga, katalizator xizmat muddatining qisqarishiga va atrof-muhitning ifloslanishiga olib keladi. Simob bilan ishlashni tartibga soluvchi xalqaro me’yorlar ham simobsiz katalitik tizimlarga o‘tish zaruratini yanada kuchaytirdi [1,2].

Asetilenni gidroxlorlash sohasidagi zamonaviy tadqiqotlar bir necha yo‘nalishlarda rivojlanmoqda: Au, Ru, Pd va Pt asosidagi qimmatbaho metall katalizatorlar; Cu, Bi, Co va boshqa metallarga asoslangan arzon katalizatorlar; funksionallashtirilgan uglerod materiallari; hamda metalsiz uglerod tizimlari [3]. Eng samarali sanoat analoglari oltin saqlovchi katalizatorlar bilan bog‘liq bo‘lsa-da, qimmatbaho metallarning yuqori narxi arzonroq faol markazlarni izlashga turtki bermoqda. Shu nuqtai nazardan, mis o‘zining mavjudligi, xlor bilan yuqori affiniteti, turli valent holatlarni hosil qila olishi hamda asetilen va HCl ni faollashtirishda ishtirok etuvchi xlorokomplekslarni shakllantirish qobiliyati tufayli alohida qiziqish uyg‘otadi [4–7].

Mis saqlovchi katalizatorlar uchun asosiy masala misning faol holatini qaytarilish, oksidlanish, aglomeratsiya va koks hosil bo‘lishi kabi raqobatdosh jarayonlar sharoitida barqaror saqlashdan iborat. So‘nggi tadqiqotlar Cu^+ markazlari asetilenni gidroxlorlash jarayonining barqaror faol markazlari bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatmoqda, biroq ularning katalitik xatti-harakati lokal koordinatsion muhit, disperslik darajasi va uglerodli tashuvchi bilan o‘zaro ta’siriga bog‘liq [6]. Azot va kislorod saqlovchi ligandlar, fosfor bilan modifikatsiyalangan uglerod materiallari, ion suyuqliklari yoki boshqa koordinatsion qo‘shimchalarning kiritilishi Cu-tizimlarning barqarorligini oshiradi, biroq shu bilan birga ularni olish va sanoat miqyosida qo‘llash texnologiyasini murakkablashtiradi [5,7].

Mazkur ish CuCl saqlovchi uglerodli prekatalizatorlarni olish va ularning fizik-kimyoviy tavsifini o‘rganishga qaratilgan. Bunday yondashuv mis-xlorid fazasining hosil bo‘lishi, sorbsion fiksatsiyasi va termik o‘zgarish bosqichlarini tadqiq etish bilan asoslanadi, chunki aynan ushbu omillar katalizatorning reaktordagi keyingi xatti-harakatini belgilaydi. Tadqiqotning maqsadi CuCl saqlovchi eritma olish usulini ishlab chiqish, uni AG-3 va AG-74 faollashtirilgan ko‘mirlariga immobilizatsiya qilish hamda tashuvchi tabiatining fazaviy tarkib, sirt funksional guruhlari va olingan materiallarning termik barqarorligi bilan o‘zaro bog‘liqligini aniqlashdan iborat.

ISSN 3030-3907

TADQIQOT OBYEKTI VA USULLARI.

Boshlang‘ich moddalar sifatida M3 markali metall mis, xlorid kislota, kimyoviy toza darajadagi ammoniy xlorid, suv, gazsimon xlor hamda ikkita sanoat markasidagi faollashtirilgan ko‘mir — AG-3 va AG-74 ishlatildi. Har ikkala tashuvchi ham g‘ovakli amorf ugleroddan iborat bo‘lib, ularning odatiy hajmiy zichligi 0,4–0,5 g/sm³ ni tashkil etdi. Katalitik xossalarni keyinchalik talqin qilish nuqtai nazaridan, faollashtirilgan ko‘mirlar tarkibida mis-xlorid zarrachalari bilan koordinatsion hamda kislota-asosli o‘zaro ta’sirlashishga qodir bo‘lgan kislorod saqlovchi sirt funksional guruhlari mavjudligi muhim ahamiyatga ega.

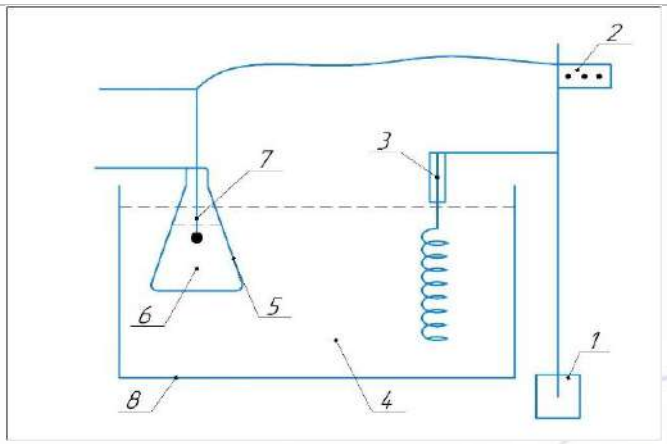
Aralashtirgich, harorat datchigi, qizdirgich va termokontroller bilan jihozlangan uch bo‘yinli konussimon kolbaga 375 g mis qirindisi, 246 ml 31% li HCl eritmasi, 224,25 g NH_4Cl va 857,7 ml suv solindi. Aralashma suv hammomida 70 °C gacha qizdirilib, intensiv aralashtirish sharoitida mis qirindilari to‘liq erib, mis xloridlarining to‘q jigarrang eritmasi hosil bo‘lguncha gazsimon xlor bir maromda yuborildi.

Olingan eritma tarkibida 15,4% CuCl va 3,43% $CuCl_2$ mavjud edi. Mazkur usulning texnologik mohiyati Cu(I)-xlorid fazasining bir vaqtning o‘zida hosil bo‘lishi va NH_4Cl/HCl ishtirokidagi ortiqcha xlorid-ionlar muhitida uning barqarorlashuviga asoslanadi.

Jarayonni sxematik tarzda metall misning CuCl gacha xlorlanishi hamda Cu(I) ning konsentrlangan xloridli muhitda kompleks hosil qilishi kombinatsiyasi sifatida tasvirlash mumkin. Havo bilan kontaktda Cu(I) qisman Cu(II) ga oksidlanishi mumkinligi sababli, eritmaning vaqt davomida barqarorligini alohida o‘rganish zarurati tug‘ildi.



a)



б)

1-rasm. CuCl konsentratsiyasining vaqt davomida va turli haroratlarda o‘zgarishini o‘lchash uchun qurilmaning a) tasviri va b) sxemasi.

AG-3 yoki AG-74 markali faollashtirilgan ko‘mir olingan CuCl/$CuCl_2$ eritmasiga xona haroratida joylashtirildi. Kontakt vaqti 1, 2, 4, 6 va 8 soatni tashkil etdi. Belgilangan muddat tugagach, namunalar eritmadan ajratib olindi, massa

ISSN 3030-3907

o‘zgarishi qayd etildi va keyingi tahlillarga yuborildi. Strukturaviy va termik xususiyatlarni taqqoslash uchun asosan 4 va 8 soatlik kontakt natijasida olingan materiallar tanlab olindi, chunki aynan shu vaqt oralig‘ida tashuvchi tomonidan eritmaning yutilish darajasi sezilarli ravishda ortishi kuzatildi.

Olingan natijalar va ularning tahlili

Mis(I) xlorid asosida tayyorlangan katalizatorlarning fizik-kimyoviy tavsiflari

Biz tomonidan CuCl eritmasining ochiq havoda turli haroratlarda (20°C, 30°C, 40°C va 50°C) hamda turli vaqt oralig‘ida o‘zgarishi o‘rganildi. Konsentratsiyaning o‘zgarish natijalari 1, 2, 3 va 4-jadvallarda keltirilgan.

Ma’lumki, mis(I) xlorid (CuCl) eritmasi vaqt o‘tishi bilan havodagi kislorod ta’sirida oksidlanib, mis(II) xlorid ($CuCl_2$) ga aylanadi. Shu sababli eritmadagi CuCl konsentratsiyasi asta-sekin kamayib boradi. O‘tkazilgan tajribalar natijasida ushbu jarayonning tezligi haroratga bog‘liqligi aniqlandi. Harorat oshishi bilan CuCl ning oksidlanish tezligi ham ortadi va natijada uning konsentratsiyasi tezroq kamayadi.

1-jadval

T = 20°C da CuCl konsentratsiyasining vaqt (soat) bo‘yicha o‘zgarishi

Soat	0	2	4	6	8	10	12	24	48	72	96	120
CuCl, %	15,4	15,4	15,32	15,2	15,15	15,03	14,9	14,68	13,0	13,3	13,8	13,2
$CuCl_2$, %	3,43	3,51	3,6	3,8	3,96	4,15	4,36	5,17	7,07	12	12,1	12,76

2-jadval

T = 30°C da CuCl konsentratsiyasining vaqt (soat) bo‘yicha o‘zgarishi

Soat	0	2	4	6	8	10	12	24	48	72	96	120
CuCl, %	15,4	16,07	16,58	15,74	15,45	15,44	14,81	14,37	14,03	14,62	15,92	10,1
$CuCl_2$, %	3,43	3,7	4,1	6,3	6,5	5,8	5,8	6,2	6,6	8,2	8,1	5

3-jadval

T = 40°C da CuCl konsentratsiyasining vaqt (soat) bo‘yicha o‘zgarishi

	0	2	4	6	8	10	12	24	48	72	96	120
CuCl, %	15,4	15,11	16,47	14,72	14,39	14,16	14,14	13,19	14,13	14	14	13,7
$CuCl_2$, %	3,43	2,9	3,7	6,4	7,06	7,45	7,45	7,36	7,3	6,6	6,9	7,8

ISSN 3030-3907

4-jadval

T = 50°C da CuCl konsentratsiyasining vaqt (soat) bo‘yicha o‘zgarishi

	0	2	4	6	8	10	12	24	48	72	96	120
CuCl,%	15,4	16,52	18,9	17,57	17,67	18,73	19,54	22,8	23,1	23,7	24,05	24,3
$CuCl_2$, %	3,43	2,5	0	2,8	3,3	3,3	4,5	5,3	5,6	5,9	6,1	6,33

Mis(I) xloridning suvli eritmasidan mis(II) ionlarining faollashtirilgan ko‘mirda adsorbsiyalanish kinetikasini o‘rganish

Xona haroratida turli markadagi faollashtirilgan ko‘mir tomonidan CuCl ning yutilishi

Tadqiqotlarda AJ «Navoiyazot» korxonasida mavjud bo‘lgan AG-3 va AG-74 markali faollashtirilgan ko‘mirlardan foydalanildi.

Faollashtirilgan ko‘mir namunalarini CuCl eritmasiga ma’lum vaqt oralig‘ida (1, 2, 4, 6 va 8 soat) joylashtirib, adsorbsiya jarayoni o‘rganildi. Tajribalar davomida faollashtirilgan ko‘mir massasi ortishi kuzatildi, bu esa eritma tarkibidagi mis birikmalarining ko‘mir yuzasiga yutilishi bilan izohlanadi.

Olingan faollashtirilgan ko‘mir namunalarining massasi dastlabki faollashtirilgan ko‘mir massasi bilan taqqoslandi. Natijalar adsorbsiya jarayonining vaqtga bog‘liqligini ko‘rsatib, ular 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval

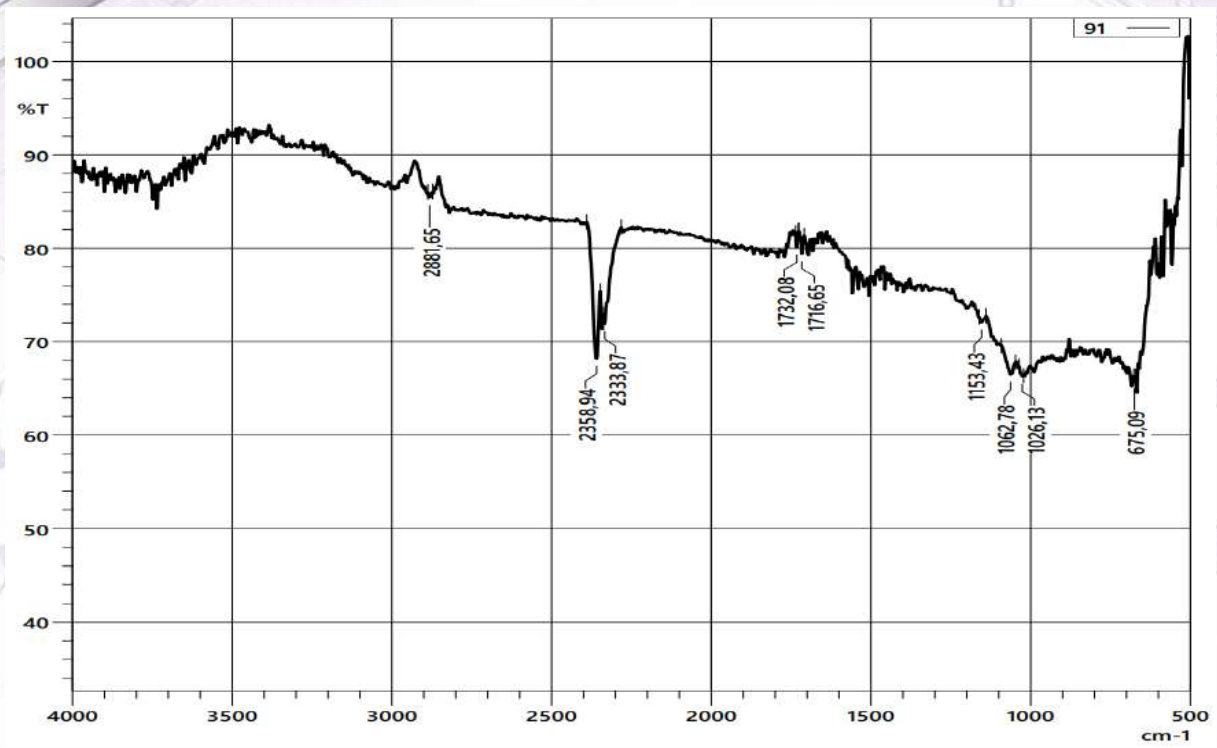
Xona haroratida (T = 25°C) faollashtirilgan ko‘mir tomonidan CuCl eritmasining yutilishining vaqtga bog‘liqligi

Tur	1 s.	2 s.	4 s.	6 s.	8 s.
AG-3	1.48	1.486	1.5125	1.5375	1.6125
AG-74	1.62	1.673	1.7	1.7375	1.825

Mis(I) xlorid bilan modifikatsiyalangan faollashtirilgan ko‘mir asosidagi katalizatorlarning IK-spektroskopik tahlili

Mis(I) xlorid eritmasida 8 soat davomida ushlab turilgan AG-3 markali faollashtirilgan ko‘mir asosidagi katalizatorning infraqizil (IK) spektri 2-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. AG-3 markali faollashtirilgan ko‘mir asosidagi katalizatorning mis (I) xlorid eritmasidagi IQ spektri 8 soat davomida

3725 sm^{-1} diapazonida adsorbsiyalangan suvning vodorod bog‘larining O-H cho‘zilishi kuzatiladi. Faollashgan ko‘mir yuzasidagi erkin gidroksil guruhlari atrofdagi molekulalar bilan vodorod bog‘larida ishtirok etishi mumkin, bu ularning energetik holati va bog‘ uzunligiga ta’sir qiladi. Gidroksil guruhlarining mis ionlari bilan o‘zaro ta’sirlashib, metall-organik komplekslar hosil bo‘lishiga yordam berishi, bu esa katalitik faollikka ta’sir qiladi.

2882 sm^{-1} diapazondagi cho‘qqi metil va metilen guruhlarida C-H cho‘zilishlari mavjudligini ko‘rsatadi. Alkil zanjirlari ko‘mirni faollashtirish jarayonida ishlatilgan organik ifloslantiruvchi moddalar yoki reagentlardan kelib chiqqan bo‘lishi mumkin. Alkil guruhlarining mavjudligi ko‘mir sirtining gidrofobligini o‘zgartirishi mumkin, bu esa reagentlarning adsorbsiyasi va desorbsiyasiga ta’sir qiladi.

2359 sm^{-1} va 2334 sm^{-1} diapazonlarida C≡N bog‘larining valent tebranishlariga xos bo‘lgan cho‘qqilar kuzatiladi.

1732 sm^{-1} va 1717 sm^{-1} diapazonlarida C=O bog‘larining valent tebranishlari kuzatiladi, bu esa namunada ehtimoliy qo‘shimcha aralashmalar mavjudligini ko‘rsatadi.

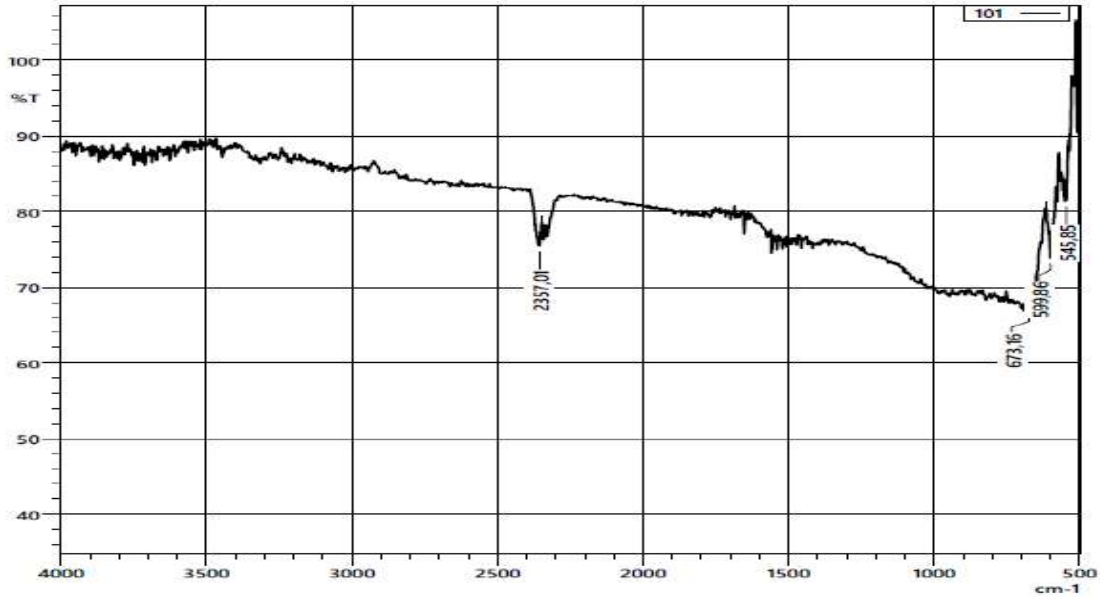
1153 sm^{-1}, 1063 sm^{-1} va 1026 sm^{-1} diapazonlarida C–O bog‘larining valent tebranishlari aniqlangan. Ushbu guruhlar metallar bilan kislorod saqlovchi komplekslar hosil qilishda ishtirok etishi mumkin, bu esa misning elektron holatiga va natijada uning katalitik faolligiga ta’sir ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

675 sm^{-1} diapazonida C–Cl bog‘ining valent tebranishlari kuzatiladi. Xloridlar mis yuzasini modifikatsiyalab, uning kimyoviy faolligi hamda ayrim reaksiyalarga nisbatan selektivligini o‘zgartirishi mumkin.

Ushbu ma’lumotlar Mis(I) xloridiga xos bo‘lgan kimyoviy tuzilmalar va tebranish turlarini ko‘rsatadi. Shuningdek, aniqlangan xarakterli bo‘lmagan cho‘qqilar katalizatorning katalitik faolligi va barqarorligiga potensial ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini bildiradi.

Mis(I) xlorid eritmasida 8 soat davomida ushlab turilgan AG-74 markali faollashtirilgan ko‘mir asosidagi katalizatorning infraqizil (IK) spektri 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. AG-74 markali faollashtirilgan ko‘mir asosidagi katalizatorning mis (I) xlorid eritmasidagi IQ spektri 8 soat davomida

2357 sm^{-1} diapazonlarida C≡N bog‘larining valent tebranishlariga xos bo‘lgan cho‘qqilar kuzatiladi.

673 sm^{-1} va 599 sm^{-1}diapazonida C–Cl bog‘ining valent tebranishlari va 545 sm^{-1}diapazonida C–Cl bog‘ining metall–ligand tebranishlari kuzatiladi. Xloridlar mis yuzasini modifikatsiyalab, uning kimyoviy faolligi hamda ayrim reaksiyalarga nisbatan selektivligini o‘zgartirishi mumkin.

Ushbu ma’lumotlar Mis(I) xloridiga xos bo‘lgan kimyoviy tuzilmalar va tebranish turlarini ko‘rsatadi. Shuningdek, aniqlangan xarakterli bo‘lmagan cho‘qqilar katalizatorning katalitik faolligi va barqarorligiga potensial ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini bildiradi.

XULOSA.

Metall mis, HCl, NH_4Cl, suv va Cl_2 asosida 70 °C haroratda CuCl saqlovchi eritma olish usuli ishlab chiqildi hamda keyinchalik mis-xlorid zarrachalarini AG-

ISSN 3030-3907

3 va AG-74 faollashtirilgan ko‘mirlariga immobilizatsiya qilish amalga oshirildi. Dastlabki eritma tarkibida 15,4% CuCl va 3,43% $CuCl_2$ mavjudligi aniqlandi.

Aniqlanishicha, eritma havoda saqlanganda Cu(I)/Cu(II) o‘rtasida oksidlanish-qaytarilish jarayonlari sodir bo‘ladi. Xususan, 20 °C da 120 soat davomida CuCl konsentratsiyasi 15,4% dan 13,2% gacha kamaygan, $CuCl_2$ miqdori esa 3,43% dan 12,76% gacha ortgan. Bu natijalar CuCl saqlovchi eritmalarni nazorat qilinadigan sharoitlarda saqlash zarurligini tasdiqlaydi.

AG-74 faollashtirilgan ko‘miri CuCl saqlovchi eritmani yutish qobiliyati bo‘yicha AG-3 ga nisbatan yuqori ko‘rsatkichlarga ega ekanligi aniqlandi. 8 soatlik kontakt davomida yutilish ko‘rsatkichi AG-74 uchun 1,825 ni, AG-3 uchun esa 1,6125 ni tashkil etdi. Bu AG-74 ning mis-xlorid fazasi uchun samaraliroq tashuvchi ekanligini ko‘rsatadi.

IK-spektroskopiya natijalari O–H, C–H, C=O, C–O hamda C–Cl/Cu–Cl bog‘lariga tegishli tebranishlarning mavjudligini ko‘rsatdi. Bu esa mis-xlorid zarrachalarining faollashtirilgan ko‘mir yuzasidagi kislorod saqlovchi funksional markazlarda mahkamlanishini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, AG-74/CuClx tizimi simobsiz asetilen gidroxlorlash katalizatorlarini keyingi bosqichlarda optimallashtirish uchun tadqiq etilgan namunalar orasida eng istiqbolli tizim sifatida baholanishi mumkin.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Minamata Convention on Mercury. Manufacturing processes in which mercury is used: insights. Accessed 11 May 2026.
2. Hutchings G.J. Vapor phase hydrochlorination of acetylene: correlation of catalytic activity of supported metal chloride catalysts. Journal of Catalysis. 1985;96(1):292-295. doi:10.1016/0021-9517(85)90383-5.
3. Qiao X., Zhao Z.-H., Zhang J. Progress in mercury-free catalysts for acetylene hydrochlorination. Catalysis Science & Technology. 2024;14:3838-3852. doi:10.1039/D4CY00549J.
4. Wang T., Jiang Z., Tang Q., et al. Interactions between atomically dispersed copper and phosphorous species are key for the hydrochlorination of acetylene. Communications Chemistry. 2022;5:2. doi:10.1038/s42004-021-00619-7.
5. Wang B., Jin C., Shao S., et al. Electron-deficient Cu site catalyzed acetylene hydrochlorination. Green Energy & Environment. 2023;8(4):1128-1140. doi:10.1016/j.gee.2022.01.005.
6. Zhang Y., Li S., Qiao X., Guan Q., Li W. Efficient and stable N-heterocyclic ketone-Cu complex catalysts for acetylene hydrochlorination: the promotion effect of ligands revealed from DFT calculations. Physical Chemistry Chemical Physics. 2023;25:25581-25593. doi:10.1039/D3CP02514D.

7. Fu Y., Sun X., Zhang J., Huang J. A self-disperse copper-based catalyst synthesized via a dry mixing method for acetylene hydrochlorination. Catalysts. 2024;14(3):207. doi:10.3390/catal14030207.

ISSN 3030-3907

O‘QITUVCHINING RAQAMLI KOMPETENTLIGINI RIVOJLANTIRISHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI

M.Pulatova
Oriental Universiteti “Uzluksiz ta’lim pedagogikasi”kafedrasi P.f.f.d.(PhD) dotsenti
O‘raqov Elbek To‘lqin o‘g‘li
Oriental Universiteti magistranti
Tel: +99897-575-04-06

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy ta’lim tizimida pedagog xodimlarning raqamli kompetentligini rivojlantirishning konseptual va amaliy yondashuvlari tadqiq etilgan. Ta’limni raqamlashtirish sharoitida an’anaviy malaka oshirish tizimining samaradorligi pasayayotganligi sababli, o‘qituvchilarning raqamli ko‘nikmalarini rivojlantirishda yangi ekotizimli modelga o‘tish zaruriyati asoslangan. Tadqiqot doirasida Yevropa Ittifoqining o‘qituvchilar uchun raqamli kompetensiya ramkasi (DigCompEdu) metodologik asos qilib olindi va o‘qituvchilarning raqamli tayyorgarlik darajasini baholash uchun aralash metod (miqdori va sifatiy) qo‘llanildi. 120 nafar maktab o‘qituvchisi ishtirokida o‘tkazilgan so‘rovnoma va eksperiment natijalari shuni ko‘rsatdiki, komponentli va shaxsiylashtirilgan mikro-ta’lim (micro-learning) hamda mentorlik (mentorship) tizimi o‘qituvchilarning raqamli vositalardan maqsadli foydalanish darajasini 34% ga oshirgan. Maqola so‘ngida pedagoglarning raqamli kompetentligini uzluksiz rivojlantirish bo‘yicha milliy ta’lim tizimiga moslashtirilgan strategik tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar: raqamli kompetentlik, DigCompEdu, mikro-ta’lim, pedagogik texnologiyalar, raqamli ekotizim, uzluksiz kasbiy rivojlanish, mentorlik, ta’limni raqamlashtirish.

Аннотация. В данной статье исследуются концептуальные и практические подходы к развитию цифровой компетентности педагогических кадров в современной системе образования. В условиях цифровизации образования, когда эффективность традиционной системы повышения квалификации снижается, обосновывается необходимость перехода к новой экосистемной модели развития цифровых навыков учителей. В качестве методологической основы исследования была взята Европейская рамка цифровых компетенций для педагогов (DigCompEdu), а для оценки уровня цифровой готовности учителей использовался смешанный метод (количественный и качественный). Результаты опроса и эксперимента с участием 120 школьных учителей показали, что компонентное и персонализированное микрообучение (micro-learning), а также система менторства (mentorship) повысили уровень целевого использования цифровых инструментов

ISSN 3030-3907

педагогами на 34%. В заключении статьи разработаны стратегические рекомендации по непрерывному развитию цифровой компетентности педагогов, адаптированные к национальной системе образования.

Ключевые слова: цифровая компетентность, DigCompEdu, микрообучение, педагогические технологии, цифровая экосистема, непрерывное профессиональное развитие, менторство, цифровизация образования.

Abstract. This article explores the conceptual and practical approaches to developing the digital competence of pedagogical staff in the modern education system. Given the declining effectiveness of the traditional professional development system in the context of educational digitalization, the necessity of transitioning to a new ecosystem model for improving teachers' digital skills is substantiated. The European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu) was adopted as the methodological basis of the research, and a mixed-method approach (quantitative and qualitative) was applied to assess teachers' digital readiness. The results of the survey and experiment involving 120 school teachers demonstrated that component-based and personalized micro-learning, combined with a mentorship system, increased the targeted use of digital tools among teachers by 34%. Concluding the article, strategic recommendations adapted to the national education system are developed for the continuous development of educators' digital competence.

Keywords: digital competence, DigCompEdu, micro-learning, pedagogical technologies, digital ecosystem, continuous professional development, mentorship, digitalization of education.

KIRISH.

XXI asr axborot jamiyati va global raqamlashtirish davri barcha ijtimoiy institutlar, xususan, xalq ta’limi tizimi oldiga mutlaqo yangi talablarni qo‘ymoqda. Sun’iy intellekt (AI), katta ma’lumotlar (Big Data), bulutli texnologiyalar va virtual borliq (VR/AR) elementlarining ta’lim jarayoniga shiddat bilan kirib kelishi o‘qituvchi kasbiy profilining tubdan o‘zgarishiga olib keldi. Endilikda o‘qituvchi shunchaki axborot yetkazib beruvchi (translator) emas, balki raqamli ta’lim muhitini loyihalashtiruvchi, raqamli kontent kuratori va tyutor (facilitator) vazifasini bajarishi shart.

Biroq, amaliyotda o‘qituvchilarning texnologik infratuzilma bilan ta’minlanish darajasi va ularning ushbu vositalardan pedagogik maqsadlarda foydalana olish qobiliyati o‘rtasida jiddiy uzilish (digital divide) kuzatilmoqda. Ko‘plab o‘qituvchilar raqamli texnologiyalardan faqatgina mexanik tarzda (masalan, taqdimot namoyish etish yoki elektron jurnal to‘ldirish) foydalanmoqdalar, ammo ularni o‘quvchilarning tanqidiy fikrlashini, kollaborativ ko‘nikmalarini va mustaqil bilim olishini rivojlantirishga yo‘naltira olmayaptilar.

ISSN 3030-3907

Ushbu muammoning ildizi an’anaviy malaka oshirish kurslarining statik tabiati va o‘qituvchilarning shaxsiy ehtiyojlarini hisobga olmasligiga borib taqaladi. Shu sababli, o‘qituvchining raqamli kompetentligini rivojlantirishning zamonaviy yondashuvlarini (andragogik, ekotizimli, shaxsiylashtirilgan va amaliyotga yo‘naltirilgan) tadqiq etish hamda ularning samaradorligini ilmiy asoslash bugungi kunning eng dolzarb vazifalaridan biridir.

Tadqiqotning maqsadi: O‘qituvchilarning raqamli kompetentligini baholash va uni zamonaviy innovatsion yondashuvlar (mikro-ta’lim va mentorlik) asosida rivojlantirishning samarali modelini ishlab chiqish hamda eksperimental tekshirish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot tizimli, qiyosiy-huquqiy va eksperimental metodlarga tayanadi. Metodologik asos sifatida Yevropa Komissiyasi tomonidan ishlab chiqilgan va xalqaro miqyosda tan olingan DigCompEdu (Digital Competence Framework for Educators) ramkasi olindi. Ushbu ramka o‘qituvchining raqamli kompetentligini 6 ta asosiy yo‘nalish bo‘yicha baholaydi:

1. Professional majburiyatlar (Professional Engagement)
2. Raqamli resurslar (Digital Resources)
3. O‘qitish va o‘rganish (Teaching and Learning)
4. Baholash (Assessment)
5. O‘quvchilarning imkoniyatlarini kengaytirish (Empowering Learners)
6. O‘quvchilarning raqamli kompetensiyasini rivojlantirish (Facilitating Learners' Digital Competence)

Eksperiment dizayni

Tadqiqot 2025-2026-o‘quv yili davomida Toshkent shahri va Toshkent viloyatidagi umumta’lim maktablarining jami 120 nafar o‘qituvchisi ishtirokida o‘tkazildi. Ishtirokchilar tasodifiy tanlash (randomization) usuli orqali ikki guruhga ajratildi:

- Nazorat guruhi (60 nafar): An’anaviy (rejali, ma’ruza shaklidagi) malaka oshirish dasturi bo‘yicha o‘qidilar.
- Eksperimental guruh (60 nafar): Biz tomonidan taklif etilgan *Raqamli mentorlik va mikro-ta’lim* modeli asosida tashkil etilgan maxsus dastur bo‘yicha shug‘ullandilar. 1-jadval

Eksperimental modelning komponentlari quyidagicha shakllantirildi:

1-Jadval

Komponent	Tavsifi va davomiyligi	Qo‘llanilgan vositalar
Mikro-ta’lim (Micro-learning)	Kunlik 5-7 daqiqalik video-yo‘riqnomalar,	Maxsus Telegram-bot va LMS platformasi (Moodle)

ISSN 3030-3907

	keyslar va topshiriqlar (3 oy davomida).	
Kollaborativ Mentorlik	Tajribali "raqamli yetakchi" o‘qituvchilar tomonidan haftalik amaliy maslahatlar va peer-to-peer (tengdoshdan-tengdoshga) yordami.	Zoom uchrashuvlari, amaliy vorkshoplar
Refleksiya va Baholash	Haftalik pedagogik dizayn topshiriqlari va o‘z-o‘zini baholash testlari.	Google Forms, Mentimeter, Kahoot

Ma’lumotlarni yig‘ish eksperimentdan oldin (pre-test) va eksperimentdan so‘ng (post-test) so‘rovnomalar hamda amaliy pedagogik keyslarni yechish darajasini tekshirish orqali amalga oshirildi. Statistik tahlil uchun *Styudentning t-kriteriyesi* (t-test) ishlatildi.

NATIJALAR.

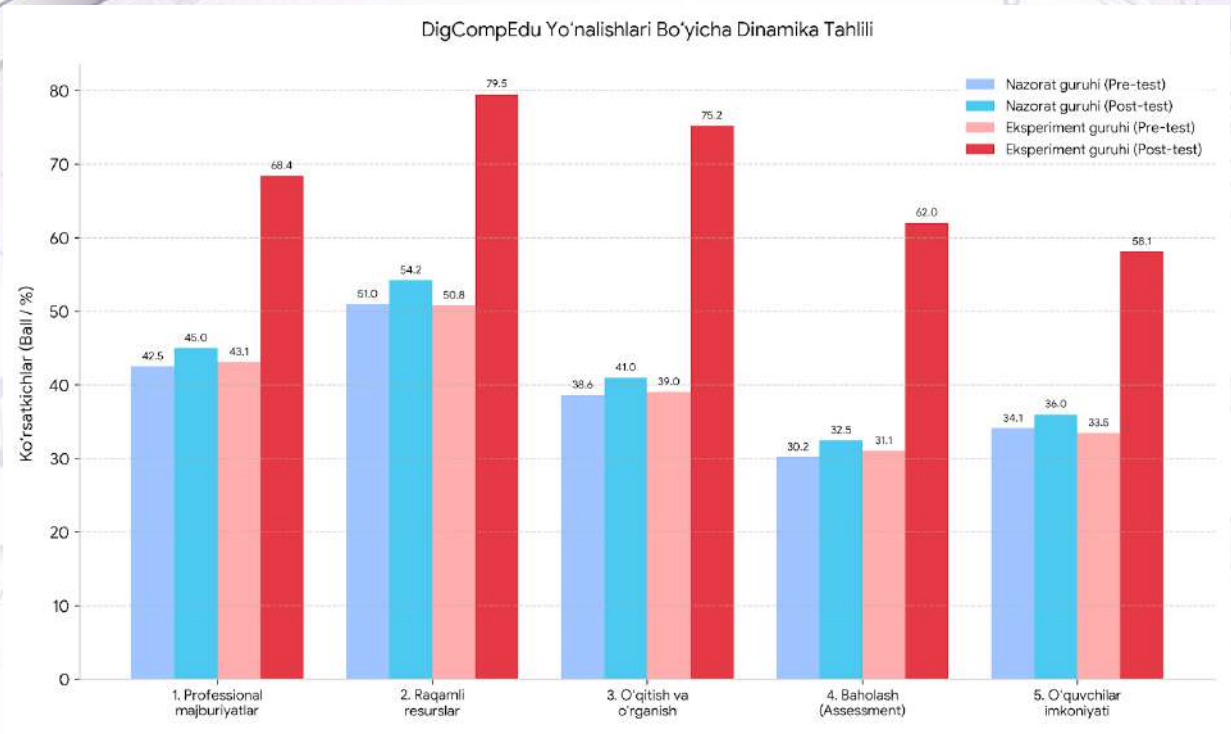
Eksperiment boshlanishidan oldin o‘tkazilgan diagnostika (pre-test) natijalari shuni ko‘rsatdiki, har ikki guruhdagi o‘qituvchilarning raqamli kompetentlik darajasi bir-biriga juda yaqin va asosan "Boshlang‘ich" (A1-A2) hamda "Integratsiyalashgan" (B1) darajalarda edi. O‘qituvchilar raqamli texnologiyalarni bilishsa-da, ularni o‘quvchilarni baholash va individual dars o‘tishga yo‘naltirishda katta qiyinchiliklarga duch kelayotgan edilar.

3 oylik eksperiment yakunida (post-test) nazorat va eksperimental guruh ko‘rsatkichlarida jiddiy farq aniqlandi. DigCompEdu mezonlari bo‘yicha o‘qituvchilarning o‘rtacha ballari quyidagicha o‘zgardi (maksimal ball — 100):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_1^2}{n_1}}}$$

Ushbu formulaga asosan hisoblangan statistik farqlar quyidagi rasmda o‘z aksini topgan:

ISSN 3030-3907



1-rasm. DigComEdu yo‘nalishlari bo‘yicha dinamika tahlili.

Raqamli baholash (Assessment) va o‘qitishda raqamli metodlarni qo‘llash yo‘nalishlarida eng yuqori o‘sish ko‘rsatkichlari (mos ravishda 99.3% va 92.8%) qayd etildi. Eksperimental guruhdagi o‘qituvchilar an’anaviy testlar o‘rniga Plickers, Formative kabi interaktiv vositalar orqali formativ baholashni dars davomida real vaqt rejimida yo‘lga qo‘yishni o‘rgandilar.

Nazorat guruhida esa o‘sish ko‘rsatkichlari statistik jihatdan sezilarli bo‘lmadi (o‘rtacha 3-5%). Bu esa an’anaviy, uzoq davom etadigan ma’ruza shaklidagi malaka oshirish kurslarining raqamli ko‘nikmalarni shakllantirishda samaradorligi o‘ta pastligini isbotlaydi.

MUHOKAMA.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘qituvchining raqamli kompetentligi shunchaki kompyuter savodxonligi emas, balki murakkab va doimiy o‘zgaruvchan pedagogik-texnologik jarayondir. Biz erishgan natijalar g‘arb olimlarining (masalan, J. Voogt, va A. Ferrari) raqamli ta’lim muhitida andragogik (kattalar ta’limi) prinsiplarga rioya qilish kerakligi haqidagi qarashlarini qo‘llab-quvvatlaydi.

Nima sababdan zamonaviy yondashuv (mikro-ta’lim + mentorlik) samarali bo‘ldi?

1. **Axborotning dozalanganligi (Micro-learning jozibasi):** O‘qituvchilar kundalik ish faoliyatidan ajralmagan holda, charchoq his qilmasdan yangi vositalarni o‘rgandilar. Kuniga 5 daqiqa vaqt sarflash psixologik to‘siqni (texnofobiya) yengishga yordam berdi.

ISSN 3030-3907

2. **Shaxsiylashtirilgan yordam (Mentorlik):** Har bir o‘qituvchi o‘z fanining xususiyatidan kelib chiqib raqamli vositani tanladi. Masalan, kimyo o‘qituvchisi virtual laboratoriyalarni (PhET simulyatsiyalari) o‘rgangan bo‘lsa, tarix o‘qituvchisi interaktiv xaritalar va vaqt chiziqlari (TimelineJS) bilan ishladi.

3. **Amaliy yo‘naltirilganlik:** Nazorat guruhidan farqli o‘laroq, eksperimental guruh ishtirokchilari nazoratchi rolida emas, balki ijodkor rolida bo‘ldilar — ular o‘zlarining raqamli dars ishlanmalarini (Lesson Plans) yaratdilar va hamkasblari bilan o‘rtoqlashdilar.

Biroq, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham ko‘zga tashlandi. Xususan, yoshi katta (55 yoshdan yuqori) o‘qituvchilarda raqamli vositalarni o‘zlashtirish tezligi yosh mutaxassislarga nisbatan pastroq bo‘ldi. Bu esa kelgusida raqamli kompetentlikni oshirish dasturlarini ishlab chiqishda yosh omilini va individual kognitiv uslublarni inobatga olish zarurligini ko‘rsatadi.

XULOSA VA TAVSIYALAR.

O‘qituvchilarning raqamli kompetentligini rivojlantirish – ta’lim tizimini muvaffaqiyatli transformatsiya qilishning fundamental shartidir. Tadqiqot natijasida olingan ilmiy va amaliy xulosalar asosida quyidagi tavsiyalar ilgari suriladi:

1. **Malaka oshirish tizimini modifikatsiya qilish:** O‘qituvchilar malakasini oshirishning an’anaviy 144 soatlik blok-modulli tizimidan uzoqlashib, yil davomida uzluksiz ishlaydigan, mikro-kreditlar (micro-credentials) beriladigan formatga o‘tish zarur.

2. **Maktab ichki raqamli mentorlik ekotizimini yaratish:** Har bir umumta’lim muassasasida raqamli ko‘nikmalari yuqori bo‘lgan o‘qituvchilarni aniqlash va ularni boshqa hamkasblariga "raqamli mentor" (digital coach) sifatida biriktirish, ularni moddiy rag‘batlantirish tizimini joriy etish lozim.

3. **Metodologik bazani yangilash:** Pedagogika oliy ta’lim muassasalari o‘quv dasturlariga DigCompEdu ramkasiga asoslangan xalqaro raqamli modullarni integratsiya qilish, talabalarni bitirmasdanoq raqamli pedagogik dizayner darajasiga olib chiqish maqsadga muvofiqdir.

Ushbu tadqiqot o‘qituvchilar kompetentligini oshirish orqali o‘quvchilarning ham akademik ko‘rsatkichlarini, ham raqamli madaniyatini yuksaltirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ferrari, A. (2013). DigComp: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. Joint Research Centre, European Commission.
2. Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. European Union.

ISSN 3030-3907

3. Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. Journal of Curriculum Studies, 44(3), 299-321.
4. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori. (2020). "Raqamli O‘zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash va uni muvaffaqiyatli amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida. PF-6079-son.

ISSN 3030-3907

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ОТОРОЧЕК НА НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Добычина Светлана Олеговна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: dsvetlana689@mail.ru
Евстафеев Евгений Александрович
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: johnnygeniy@mail.ru
Куликова Виктория Дмитриевна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, студент
E-mail: kulikovav505@gmail.com

Annotatsiya. Ishning maqsadi gaz-neft-kondensat konida yupqa neft hoshiyasini gaz-neft kontaktidan 2–3 m pastroqda burg‘ilangan ko‘p funksiyali gorizontal quduq orqali ishlatish jarayonini sonli modellashtirish hamda ushbu quduqning asosiy texnologik ko‘rsatkichlarini tahlil qilishdan iborat. Modellashtirish «tNavigator» dasturiy kompleksida retrograd kondensatsiya, fazaviy o‘tkazuvchanliklar va ostki suvli gorizont faolligini hisobga oluvchi gidrodinamik model asosida bajarildi. Asosiy natijalar neft, gaz va kondensat debitlari profillarini, qatlam va quduq tubi bosimlari dinamikasini, suvlanganlik va gaz omili o‘zgarishini, shuningdek, jamlangan qazib olish ko‘rsatkichlarini o‘z ichiga oladi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi gorizontal quduqning ekspluatatsion xususiyatlarini gaz-neft kontaktiga yaqin joyda maqsadli joylashtirilgan stvol asosida, mahalliy «tNavigator» simulyatori yordamida kompleks tahlil qilishdan iborat bo‘lib, bu texnologik sxemaning yupqa neft hoshiyali gaz-kondensat konlariga nisbatan samaradorligini miqdoriy baholash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: neft hoshiyasi, gaz-neft-kondensat koni, gorizontal quduq, konus hosil bo‘lishi, neftni qazib olish koeffitsiyenti.

Аннотация. Целью работы является численное моделирование нефтегазоконденсатной залежи с тонкой нефтяной оторочкой при эксплуатации многофункциональной горизонтальной скважины, пробуренной на 2-3 м ниже газонефтяного контакта, а также анализ основных технологических показателей её работы. Моделирование выполнено в программном комплексе «тНавигатор» на основе гидродинамической модели, учитывающей ретроградную конденсацию, фазовые проницаемости и активность подошвенного водоносного горизонта. Основные результаты включают профили дебитов нефти, газа и конденсата, динамику пластового

ISSN 3030-3907

и забойного давлений, обводнённости и газового фактора, а также накопленные показатели добычи. Научная новизна заключается в комплексном анализе эксплуатационных характеристик горизонтальной скважины с целенаправленным размещением ствола вблизи ГНК на базе отечественного симулятора «тНавигатор», что позволяет количественно оценить эффективность данной технологической схемы применительно к газоконденсатным залежам с тонкими оторочками.

Ключевые слова: нефтяная оторочка, нефтегазоконденсатное месторождение, горизонтальная скважина, конусообразование, коэффициент извлечения нефти.

Abstract. The aim of this study is to perform numerical modeling of an oil-gas-condensate reservoir with a thin oil rim during the operation of a multifunctional horizontal well drilled 2–3 m below the gas-oil contact, as well as to analyze the main technological performance indicators of the well. The modeling was carried out in the «tNavigator» software package using a hydrodynamic model that takes into account retrograde condensation, relative phase permeabilities, and the activity of the bottom aquifer. The main results include oil, gas, and condensate production rate profiles, the dynamics of reservoir and bottomhole pressures, water cut and gas-oil ratio, as well as cumulative production indicators. The scientific novelty of the study lies in the integrated analysis of the operational characteristics of a horizontal well with targeted wellbore placement near the gas-oil contact using the domestic «tNavigator» simulator, which makes it possible to quantitatively assess the efficiency of this technological scheme for gas-condensate reservoirs with thin oil rims.

Key words: oil rim, oil-gas-condensate field, horizontal well, coning, oil recovery factor.

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазоконденсатные месторождения с нефтяными оторочками относятся к сложным объектам разработки, поскольку в пределах одной залежи одновременно присутствуют газоконденсатная шапка, нефтяная зона и водоносная область. Нефтяная оторочка, как правило, имеет ограниченную толщину и располагается между газонасыщенной и водонасыщенной частями пласта, что существенно осложняет выбор рациональной системы разработки. При эксплуатации таких объектов возникает риск преждевременного прорыва газа сверху и воды снизу, что приводит к росту газового фактора, увеличению обводнённости, снижению дебита нефти и, как следствие, к низкому коэффициенту извлечения нефти.

Особенно сложной является разработка тонких нефтяных оторочек. При малой нефтенасыщенной толщине даже незначительное увеличение

ISSN 3030-3907

депрессии на пласт может вызвать газовое или водяное конусообразование.[2] В результате скважина начинает добывать значительные объёмы газа и воды при относительно небольшом притоке нефти. Это снижает технологическую эффективность разработки, усложняет систему сбора и подготовки продукции, а в ряде случаев делает самостоятельную эксплуатацию нефтяной оторочки экономически нецелесообразной.[3] Поэтому на многих нефтегазоконденсатных месторождениях нефтяные оторочки либо разрабатываются ограниченно, либо остаются невовлечёнными в активную разработку.

Актуальность данной проблемы определяется необходимостью повышения эффективности извлечения нефти из нефтяных оторочек при сохранении устойчивой работы газоконденсатной части залежи. Даже при низкой рентабельности отдельной добычи нефти оторочка играет важную роль в общей системе разработки: она влияет на движение газонефтяного и водонефтяного контактов, характер притока флюидов к скважинам и конечные показатели извлечения углеводородов. Поэтому выбор способа вовлечения нефтяной оторочки в разработку требует комплексного подхода, учитывающего геологическое строение залежи, толщину нефтяной зоны, фильтрационно-ёмкостные свойства коллектора, фазовое поведение флюидов, положение ствола скважины относительно ГНК и ВНК, а также возможные риски прорыва газа и воды.[1]

Одним из современных направлений повышения эффективности разработки нефтяных оторочек является применение горизонтальных, двухствольных, многоствольных и многофункциональных скважин. Горизонтальные скважины позволяют увеличить площадь контакта с продуктивным пластом и снизить удельную депрессию, что способствует уменьшению риска конусообразования газа и воды. Многофункциональная скважина, схема которой изображена на Рисунке 1, представляет собой горизонтальную скважину, первоначально пробуренную в нефтяной оторочке под газонефтяным контактом для добычи нефти, а при изменении условий эксплуатации способную быть переведённой на добычу газа из вышележащей газонасыщенной части пласта. Такой подход позволяет рассматривать скважину не только как инструмент добычи нефти из оторочки, но и как элемент более гибкой системы разработки нефтегазоконденсатной залежи.[3]

В связи с этим важное значение приобретает гидродинамическое моделирование, позволяющее заранее оценить поведение скважины при выбранном положении ствола, определить динамику дебитов нефти, газа и воды, спрогнозировать рост обводнённости и газового фактора, а также

ISSN 3030-3907

оценить накопленные показатели добычи. В настоящей работе выполнено численное моделирование нефтегазоконденсатной залежи с нефтяной оторочкой в программном комплексе «ТНавигатор».



Рисунок. 1 - Принципиальная схема конструкции многофункциональной скважины.

Объектом анализа является многофункциональная горизонтальная скважина, пробуренная в нефтяной части пласта вблизи газонефтяного контакта. Цель работы заключается в оценке технологических особенностей эксплуатации такой скважины и анализе основных показателей её работы: дебитов нефти, газа и воды, пластового и забойного давления, обводнённости, газового фактора и накопленной добычи.

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ. В рамках работы была построена и рассчитана гидродинамическая модель нефтегазоконденсатной залежи с тонкой нефтяной оторочкой в программном комплексе «ТНавигатор». Как видно из рисунка 2, выбранное положение скважины направлено на вовлечение нефтяной оторочки в разработку при одновременном контроле риска прорыва газа и воды. Модель представляет собой трёхфазную залежь, включающую газоконденсатную шапку, нефтяную оторочку и подошвенную водоносную область. Такое строение позволяет оценить работу скважины в условиях одновременного влияния газовой шапки сверху и подошвенной воды снизу, что является одной из основных причин осложнений при разработке нефтяных оторочек.

В геологическом отношении залежь была представлена следующим образом: верхняя часть пласта занята газоконденсатной шапкой толщиной 20 м, ниже расположена нефтяная оторочка толщиной 10 м, а нижняя часть модели представлена подошвенной водонасыщенной зоной. Опорная глубина для расчёта забойного давления по скважине составляет 2000 м.

ISSN 3030-3907

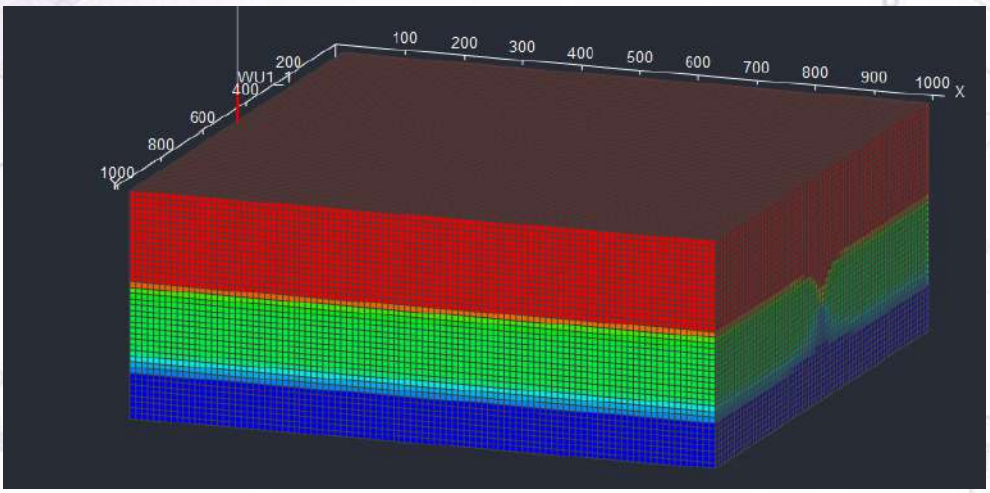


Рисунок 2 – Модель нефтегазоконденсатной залежи

Коллектор в модели характеризуется пористостью 17% и проницаемостью 100 мД. Начальное среднее пластовое давление по модели составляет около 200,3 бар, или 20,03 МПа. В процессе расчёта среднее давление снижалось, что отражает истощение залежи при эксплуатации скважины. К концу рассматриваемого периода давление уменьшилось до 23,5 бар, или 2,35 МПа. Таким образом, расчёт позволяет проследить изменение работы скважины в условиях существенного падения пластовой энергии.

Наличие газовой шапки обусловливает риск прорыва свободного газа к стволу скважины, а подошвенная вода создаёт риск роста обводнённости и водяного конусообразования. Поэтому при анализе результатов особое внимание уделялось динамике газового фактора и обводнённости. Процесс формирования газового и водяного конусов при эксплуатации скважины показан на рисунке 3.

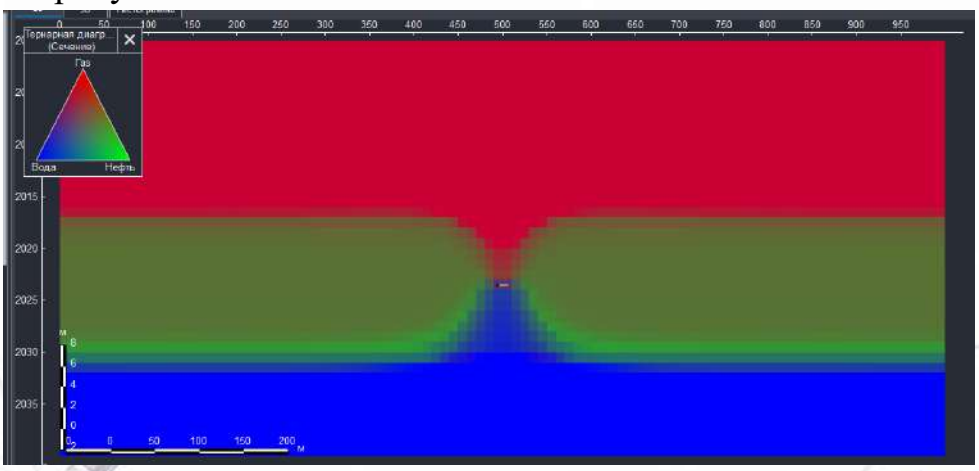


Рисунок 3 – Образование газового и водяного конусов (сечение тернарной диаграммы в модели)

В качестве основного технологического решения была рассмотрена многофункциональная горизонтальная скважина WU1_1, пробуренная в

ISSN 3030-3907

нефтяной оторочке на 2–3 м ниже газонефтяного контакта. Такое размещение ствола направлено на вовлечение нефтяной части залежи в разработку при одновременном снижении риска преждевременного прорыва газа из газовой шапки. Число открытых перфораций по скважине составляет 162. Эксплуатация скважины выполнялась при заданном забойном давлении 15 МПа. При начальном среднем пластовом давлении около 20,03 МПа максимальная депрессия составляет примерно 5МПа, что обеспечивает интенсивный приток флюидов к скважине. Как видно из рисунка 4, в зоне скважины формируется область пониженного давления, связанная с отбором флюидов.

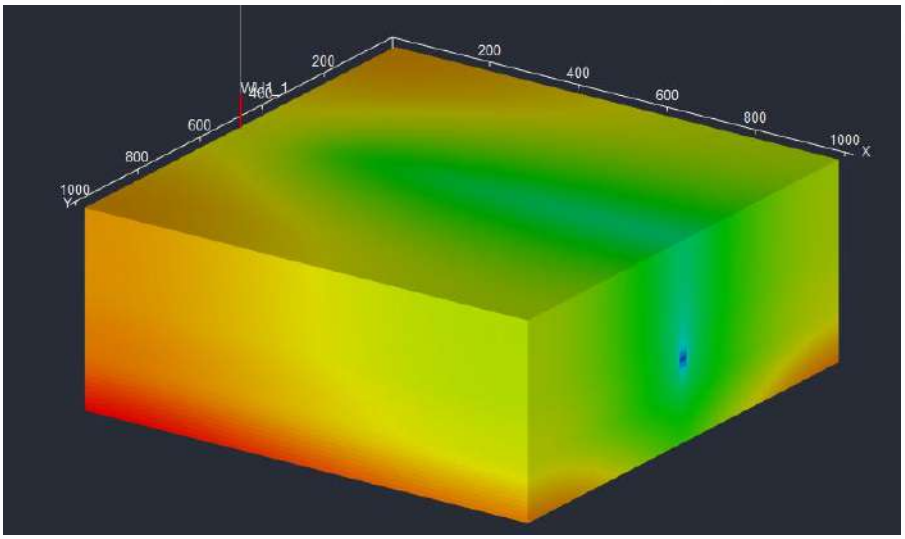


Рисунок 4 – Распределение давления в пласте

Расчётный период охватывает интервал с 2026 по 2036 год. В качестве основных показателей эксплуатации анализировались дебит нефти, дебит воды, дебит газа, накопленная добыча нефти, воды и газа, среднее пластовое давление, газовый фактор и обводнённость. Как видно из рисунков 5-9, работа многофункциональной горизонтальной скважины сопровождается типичными осложнениями для нефтяных оторочек: снижением нефтедобычи, ростом газового фактора, увеличением обводнённости и истощением пластовой энергии. По результатам моделирования начальный дебит нефти достигал 19 473,7 ст.м³/сут, после чего происходило его резкое снижение. К концу расчётного периода дебит нефти уменьшился до 25,7 ст.м³/сут. Одновременно наблюдался рост водопритока: дебит воды увеличивался до максимального значения 1364,6 ст.м³/сут, а обводнённость к концу расчёта достигла 0,921 доли единицы.

ISSN 3030-3907

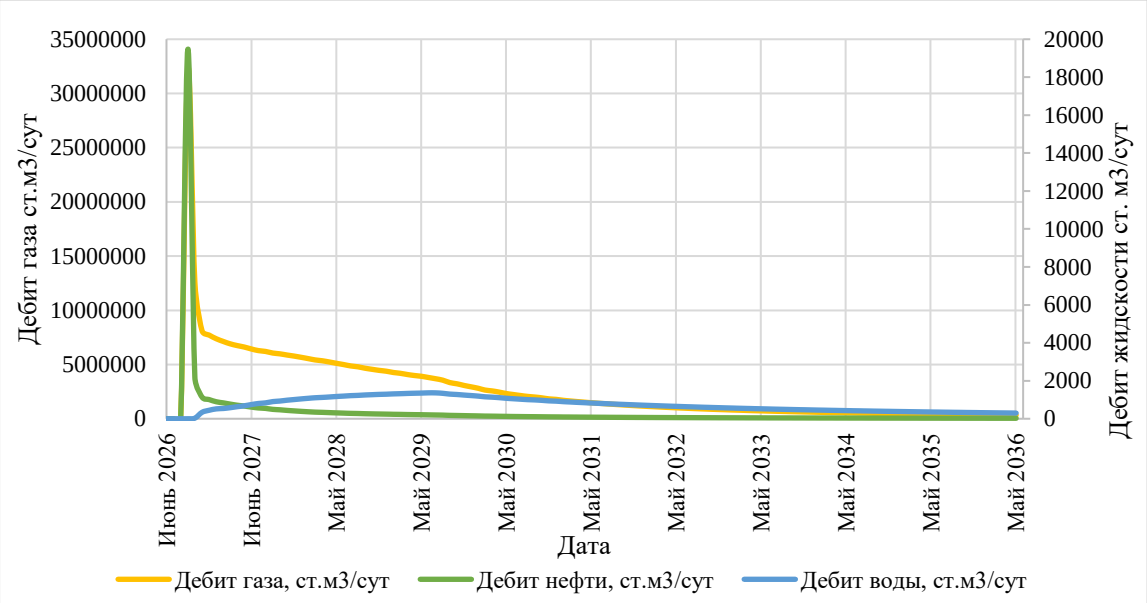


Рисунок 5 – Динамика добычи

Газовый фактор также изменялся существенно: в начале эксплуатации он составлял около 3151 м³/м³, затем возрастал и достигал максимального значения 18 795,9 м³/м³. Такая динамика указывает на усиливающееся влияние газовой шапки и рост доли газа в продукции скважины. Накопленная добыча за расчётный период составила 1,293 млн ст.м³ нефти, 2,678 млн ст.м³ воды и 9,880 млрд ст.м³ газа. Коэффициент извлечения нефти по запасам к концу расчёта составил 6,17 %, что подтверждает сложность эффективного вовлечения нефтяной оторочки в разработку даже при использовании горизонтальной скважины.

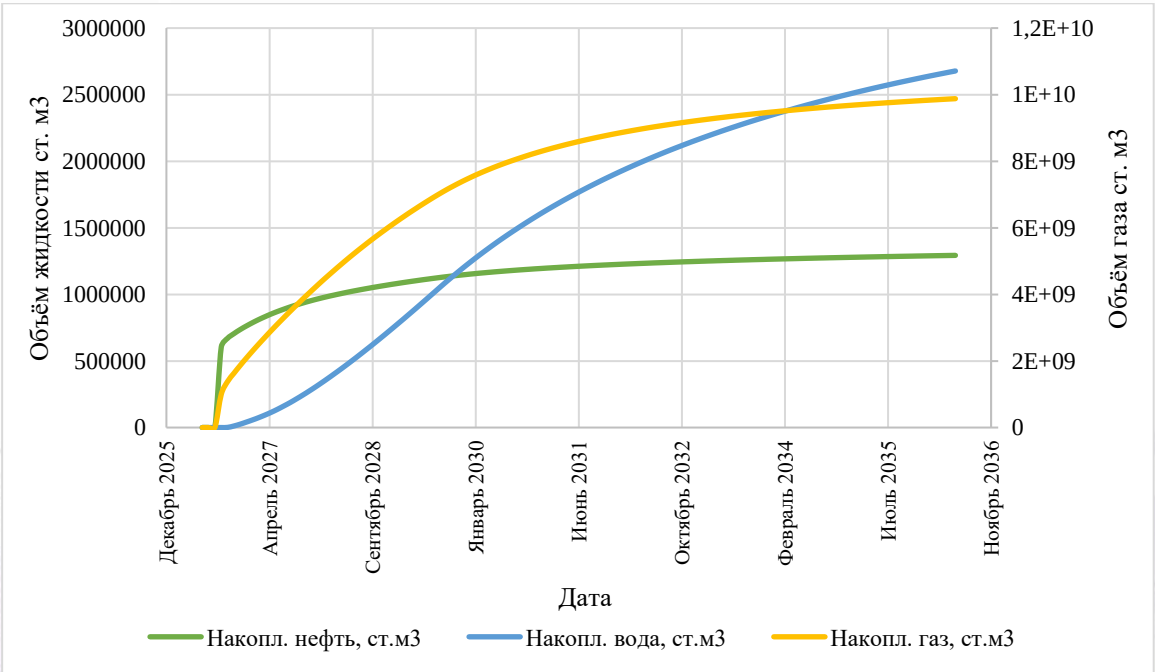


Рисунок 6 – Динамика накопленной добычи

ISSN 3030-3907

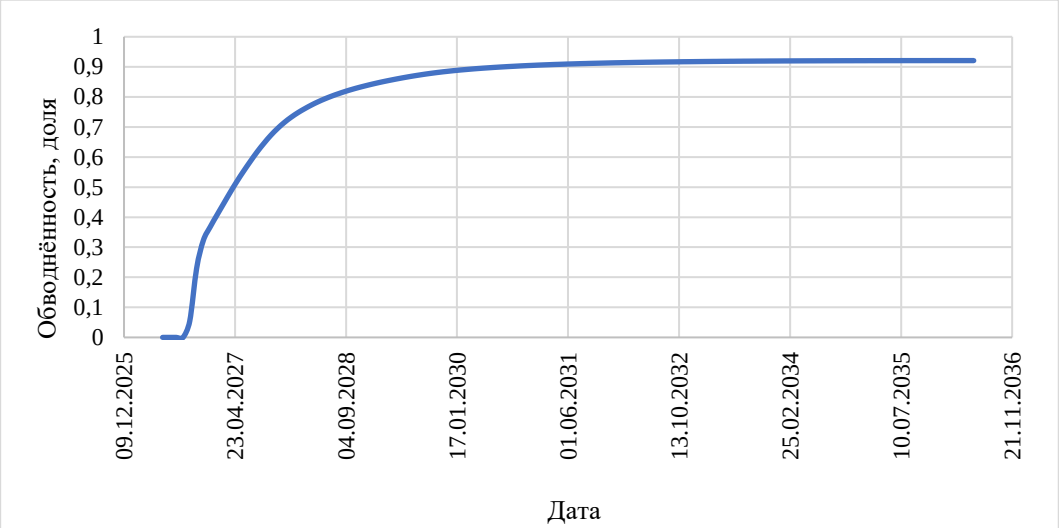


Рисунок 7 – Динамика обводнённости

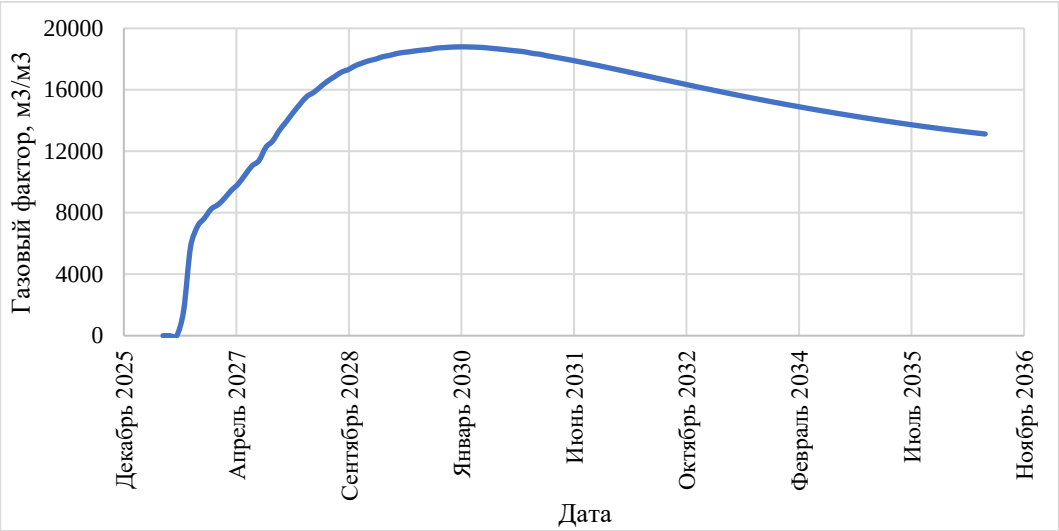


Рисунок 8 – Динамика газового фактора

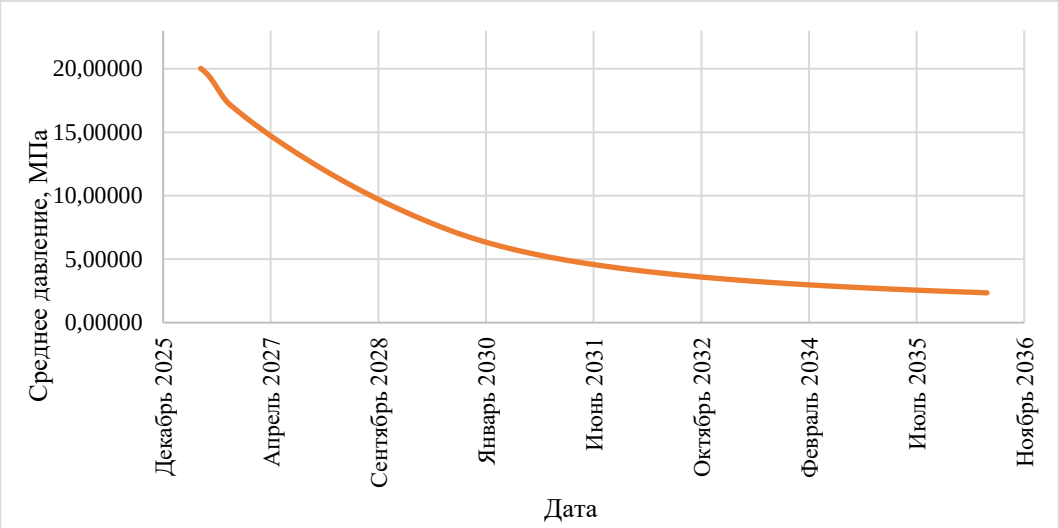


Рисунок 9 – Динамика пластового давления

Таким образом, созданная модель позволяет количественно оценить особенности эксплуатации многофункциональной горизонтальной скважины в нефтяной оторочке нефтегазоконденсатной залежи. Полученные

ISSN 3030-3907

результаты отражают основные технологические ограничения данного типа объектов: быстрое снижение дебита нефти, рост газового фактора, увеличение обводнённости и падение пластового давления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кольбиков С. В. Практические примеры разработки газоконденсатного месторождения с нефтяной оторочкой: поиск эффективных методов добычи нефти из тонких оторочек – М: ПАО «НОВАТЭК», 2020 – 3 с.
2. Шелепов К. и др. Аспекты разработки месторождений и проектирования наземных сооружений на газоконденсатных месторождениях с нефтяными оторочками - ООО «Тюменский нефтяной научный центр», 2018 – 9 с.
3. Поушев А. В. И др. Интегрированный подход к разработке нефтегазоконденсатных залежей с тонкой нефтяной оторочкой в условиях присутствия подошвенной воды с применением многофункциональных скважин - ООО «НОВАТЭК НТЦ», 2017 – 31 с.

ISSN 3030-3907

ТЕХНОЛОГИЯ ASP (ПАВ–ЩЕЛОЧЬ–ПОЛИМЕР) ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Акрамов Бахшилло Шафиевич
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, к.т.н., профессор
E-mail: akramov_bahsh@mail.ru
Добычина Светлана Олеговна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: dsvetlana689@mail.ru
Инамов Алмаз Тахиржанович
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, студент
E-mail: almazinamov8@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada ASP (Alkaline-Surfactant-Polymer) usulidan foydalangan holda qatlamlardan neft berishni oshirishning zamonaviy texnologiyalari ko‘rib chiqilgan. Ushbu usul qatlamga ishqor, sirt faol moddalar va polimerlar kompozitsiyasini quyish asosida amalga oshiriladi, bu esa fazalararo taranglikni sezilarli darajada kamaytirish, siqib chiqaruvchi agentning harakatchanligini oshirish va neftni qazib olish koeffitsiyentini oshirish imkonini beradi. Texnologiyaning ta’sir mexanizmlari, uni samarali qo‘llash shartlari, shuningdek, konlarni o‘zlashtirishning an’anaviy usullariga nisbatan afzalliklari va cheklovlari batafsil ko‘rib chiqilgan. ASP-texnologiyasini joriy etish yetilgan konlarni o‘zlashtirish samaradorligini sezilarli darajada oshirish va uglevodorodlarning olinadigan zaxiralarini ko‘paytirish imkonini berishi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: ASP, sirt faol modda, ishqor, polimer, neftni qayta tiklash, suv ombori.

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологии повышения нефтеотдачи пластов с применением метода ASP (Alkaline–Surfactant–Polymer). Данный метод основан на закачке в пласт композиции щелочи, поверхностно-активных веществ и полимеров, что позволяет значительно снизить межфазное натяжение, повысить подвижность вытесняющего агента и увеличить коэффициент извлечения нефти. Подробно рассмотрены механизмы действия технологии, условия её эффективного применения, а также преимущества и ограничения по сравнению с традиционными методами разработки месторождений. Показано, что внедрение ASP-технологии позволяет существенно повысить эффективность разработки зрелых месторождений и увеличить извлекаемые запасы углеводородов.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: ASP, ПАВ, щелочь, полимер, нефтеотдача, вытеснение нефти, пласт, месторождение.

Abstract. This article discusses modern enhanced oil recovery technologies using the ASP (Alkaline–Surfactant–Polymer) method. The method is based on injecting a combination of alkali, surfactant, and polymer into the reservoir, which reduces interfacial tension, improves mobility control, and increases oil recovery. The mechanisms, application conditions, advantages, and limitations are analyzed. The results show that ASP technology significantly improves oil recovery efficiency, especially in mature fields.

Key words: ASP, surfactant, alkali, polymer, oil recovery, reservoir.

ВВЕДЕНИЕ.

На современном этапе развития нефтяной промышленности особую актуальность приобретает проблема повышения нефтеотдачи пластов, поскольку значительная часть месторождений находится на поздней стадии разработки и характеризуется высокой степенью обводнённости продукции. Традиционные методы добычи, такие как заводнение, позволяют извлечь лишь часть запасов нефти, в то время как значительный объём углеводородов остаётся в порах коллектора вследствие действия капиллярных и вязкостных сил. Это обусловливает необходимость внедрения более эффективных методов увеличения нефтеотдачи, среди которых особое место занимает технология ASP. [1,2]

Технология ASP представляет собой комплексный химический метод воздействия на пласт, основанный на закачке раствора, содержащего щелочь, поверхностно-активные вещества и полимеры. Синергетический эффект от совместного применения этих компонентов позволяет существенно изменить физико-химические свойства системы «нефть–вода–порода» и повысить эффективность вытеснения нефти [3]. Щелочь, взаимодействуя с кислотными компонентами нефти, способствует образованию мыл, которые дополнительно снижают межфазное натяжение. Поверхностно-активные вещества обеспечивают резкое уменьшение межфазного натяжения между нефтью и водой, что облегчает высвобождение нефти из порового пространства. Полимеры, в свою очередь, увеличивают вязкость вытесняющего агента, тем самым улучшая подвижностное соотношение и предотвращая преждевременный прорыв воды. [4]

Применение ASP-технологии приводит к формированию благоприятных условий для мобилизации остаточной нефти. Снижение межфазного натяжения до сверхнизких значений позволяет преодолеть капиллярные силы, удерживающие нефть в порах, а улучшение подвижностного соотношения способствует более равномерному фронту

ISSN 3030-3907

вытеснения. Кроме того, щелочная среда уменьшает адсорбцию поверхностно-активных веществ на поверхности породы, что снижает потери реагентов и повышает экономическую эффективность процесса.

С 2014 года Daqing начала промышленное внедрение ASP-заводнения, и уже в 2016 году годовая добыча нефти за счёт этой технологии превысила 4 млн тонн (более 10% от общей добычи месторождения), и этот уровень удерживался на протяжении как минимум семи лет подряд. В целом по всем методам химического заводнения (полимерное + ASP) годовая добыча на Daqing превышает 10 млн тонн (~73,5 млн баррелей) на протяжении 16 лет подряд. [6]

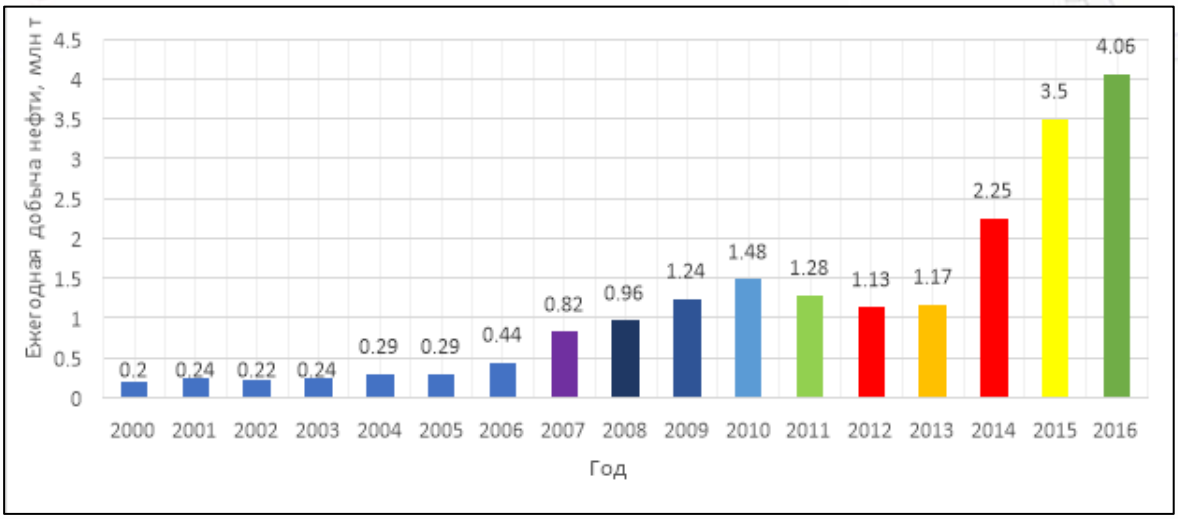


Рисунок 1 – Ежегодная добыча нефти с применением ASP заводнения на месторождении Daqing.

Эффективность применения ASP-технологии во многом определяется геолого-физическими условиями пласта. Наиболее благоприятными считаются условия умеренной минерализации пластовых вод, температуры до 90–100 °C и достаточной проницаемости коллектора. Важным фактором является также химический состав нефти, в частности наличие органических кислот, способствующих реакции омыления. [2] В неоднородных или сильно трещиноватых коллекторах эффективность технологии может снижаться вследствие неравномерного распределения закачиваемых реагентов. [1]

Реализация ASP-проекта включает несколько этапов, начиная от лабораторных исследований и подбора оптимального состава раствора до гидродинамического моделирования и промышленной закачки. На стадии подготовки проводится анализ керна, изучаются фильтрационные свойства пласта и определяется оптимальная концентрация компонентов. Далее осуществляется закачка раствора в пласт с последующим продвижением фронта вытеснения и контролем добычи. Мониторинг процесса позволяет корректировать параметры закачки и повышать эффективность воздействия.

ISSN 3030-3907

В таблице 1 представлено сравнение технологии ASP с другими методами повышения нефтеотдачи, что позволяет наглядно оценить её преимущества и ограничения.

Таблица 1.

Сравнения методов повышения нефтеотдачи

Метод	Преимущества	Недостатки
Заводнение	Простота и низкая стоимость	Низкий коэффициент извлечения нефти
Полимерное заводнение	Уменьшение профиля вытеснения	Ограниченная эффективность
ПАВ	Снижение межфазного натяжения	Высокая адсорбция
ASP	Максимальное извлечение нефти	Высокая стоимость и сложность

Анализ практического применения ASP-технологии показывает, что её внедрение позволяет значительно повысить коэффициент извлечения нефти, особенно на зрелых месторождениях. В ряде случаев увеличение нефтеотдачи достигает 15–25 %, что является существенным показателем по сравнению с традиционными методами. При этом наблюдается снижение остаточной нефтенасыщенности, стабилизация добычи и более равномерное распределение потоков в пласте. [3,5]

Несмотря на высокую эффективность, технология ASP имеет ряд ограничений, связанных прежде всего с высокой стоимостью реагентов и необходимостью тщательного контроля за процессом. Кроме того, значительное влияние оказывают минерализация пластовых вод и температура, которые могут снижать эффективность поверхностно-активных веществ и полимеров. В связи с этим перед внедрением технологии требуется проведение комплексных исследований и технико-экономического обоснования.

Практическая значимость ASP-технологии заключается в возможности увеличения извлекаемых запасов нефти и повышения рентабельности разработки месторождений. Особенно актуально её применение на поздней стадии разработки, когда традиционные методы уже не обеспечивают необходимого уровня добычи. Внедрение современных методов

ISSN 3030-3907

моделирования и цифровых технологий позволяет повысить точность прогнозов и оптимизировать параметры закачки.

Щелочь (Alkali) выполняет сразу несколько критических функций. Во-первых, она вступает в химическую реакцию с нафтеновыми кислотами, содержащимися в составе нефти, образуя «in-situ» (на месте) дополнительные поверхностно-активные вещества. [3], во-вторых, щелочь повышает pH среды, что меняет заряд поверхности породы и значительно снижает адсорбцию (потерю) дорогостоящих синтетических ПАВ, сохраняя их концентрацию в активной зоне.

Поверхностно-активные вещества (Surfactant) являются основным инструментом снижения межфазного натяжения (МФН). В процессе ASP-заводнения удается достичь сверхнизких значений МФН (до 10^{-3}мН/м и менее). Это критически важно для деформации и продвижения капель нефти через узкие поровые каналы, где капиллярные силы ранее удерживали их «запертыми». [2,3]

Полимер (Polymer) отвечает за гидродинамическую составляющую. Без него маловязкий раствор щелочи и ПАВ просто «прорвался» бы к добывающим скважинам по наиболее проницаемым путям, оставив зоны с низкой проницаемостью нетронутыми. Полимер увеличивает вязкость рабочего агента, обеспечивая поршневое вытеснение и вовлекая в разработку ранее не охваченные участки пласта.

Поверхностно-активное вещество (Surfactant) является главным инструментом ликвидации капиллярных сил, удерживающих нефть в поровых сужениях. В рамках технологии ASP применяются преимущественно анионные ПАВ (например, сульфонаты или этоксилированные сульфаты спиртов), обладающие высокой термической стабильностью.

Введение синтетического ПАВ направлено на снижение межфазного натяжения (IFT) на границе «нефть-закачиваемая вода» с исходных 30–50 мН/м до ультранизких термодинамических значений — менее 10^{-3} мН/м. Достижение данного порога знаменует собой критическое увеличение безразмерного капиллярного числа фильтрации (N_c), выражаемого соотношением вязкостных сил к капиллярным:

$$N_c = \frac{\mu * v}{\sigma} \quad (1)$$

где μ — вязкость вытесняющего флюида, v — скорость фильтрации, σ — межфазное натяжение. При росте (N_c) на 3–4 порядка капиллярно-удерживаемая нефть деформируется, дробится на тончайшие капли и образует с вытесняющей водой термодинамически стабильную

ISSN 3030-3907

микроэмульсию типа «масло в воде», приобретающую высокую подвижность.

Эта зависимость описывает **капиллярное число** (N_c) — важнейший безразмерный гидродинамический критерий, который широко применяется в нефтегазовой геологии для оценки подвижности остаточной нефти при разработке месторождений.

Также имеются **технологические нюансы** на поверхности: Узлы дозирования: Высокоточные автоматизированные станции, которые непрерывно смешивают сухие порошки полимеров и жидкие концентраты ПАВ и щелочи с потоком умягченной воды. Контроль деструкции: Полимерные молекулы легко разрушаются (рвутся) от механического сдвига. Поэтому в насосных станциях АСП используются специальные винтовые или центробежные насосы с низкой скоростью сдвига, чтобы не «разрезать» полимерные цепочки при закачке.

Делая итог высокоточные станции дозирования АСП-технологий обеспечивают смешение полимеров и ПАВ, требуя применения специального насосного оборудования для предотвращения механической деструкции (разрыва) полимерных цепочек. Успешность закачки зависит от использования винтовых или центробежных насосов с низкой скоростью сдвига, сохраняющих вязкость раствора.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

Технология ASP является одним из наиболее перспективных направлений развития методов увеличения нефтеотдачи. Её применение позволяет значительно повысить эффективность разработки месторождений и обеспечить более полное извлечение углеводородов из недр. Дальнейшее развитие технологии связано с совершенствованием химических составов, снижением затрат и внедрением интеллектуальных систем управления процессами разработки. Щелочь не только активирует природный потенциал нефти через образование дополнительных ПАВ, но и создает защитный барьер, минимизируя потери реагентов на породе. Это позволяет синтетическим ПАВ максимально эффективно снижать межфазное натяжение до сверхнизких значений, высвобождая заблокированную в порах нефть. В свою очередь, полимер обеспечивает необходимый контроль подвижности всей системы, предотвращая преждевременные прорывы раствора и гарантируя равномерный охват пласта. В совокупности этот синергетический механизм позволяет преодолеть капиллярные и вязкостные барьеры, обеспечивая существенный прирост коэффициента извлечения нефти на зрелых месторождениях.

ISSN 3030-3907

Важнейший практический вывод работы заключается в том, что АСП-технология предъявляет принципиально новые, повышенные требования к наземному обустройству промысла, делая невозможным использование стандартных кустовых насосных станций без кардинальной модернизации.

Также мы поняли, что успешное извлечение дополнительной нефти из пласта — это лишь половина технологического цикла; вторая, не менее сложная задача — обеспечение эффективного разделения добываемой продукции на товарную нефть и воду.

Подводя итог: Технологию ASP - этот трехкомпонентный метод является одним из наиболее перспективных третичных способов повышения нефтеотдачи на поздних стадиях разработки месторождений. Я понял, что ключевой фактор успеха заключается в синергии щелочи, ПАВ и полимера, которые эффективно вытесняют защемленную нефть из микропор. При этом я выявил, что внедрение технологии требует строгого соблюдения этапов закачки оторочек и применения специального низко-сдвигового оборудования для защиты полимерных цепей от разрушения. В заключение отмечу, что, несмотря на высокую стоимость реагентов и сложности при подготовке продукции на поверхности, развитие отечественной химии способно сделать АСП главным инструментом импортозамещения в нефтегазовой отрасли.

Важно подчеркнуть, что ASP не является универсальным решением. Успех проекта жестко ограничен геолого-физическими условиями пласта: температурой (обычно до 80–90°C во избежание деградации полимера), минерализацией пластовой воды и содержанием двухвалентных катионов (кальция и магния), которые могут вызывать выпадение осадка при взаимодействии со щелочью.

Присутствие ПАВ и щелочи в добываемой жидкости приводит к образованию сверхстойких водонефтяных эмульсий промежуточного типа. Стандартные деэмульгаторы теряют свою эффективность в таких средах. Это требует разработки специализированных химических деструкторов эмульсий и внедрения трехфазных сепараторов с увеличенным временем отстоя жидкости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грин Д., Уиллхайт Г. Повышение нефтеотдачи пластов. — М.: Недра, 1998.
2. Лейк Л. Методы увеличения нефтеотдачи. — SPE, 2010.
3. Sheng J. Modern Chemical Enhanced Oil Recovery. — Gulf Professional Publishing, 2011.
4. Sorbie K. Polymer-Improved Oil Recovery. — Springer, 1991.

ISSN 3030-3907

5. Thomas S. Enhanced Oil Recovery – An Overview // Oil & Gas Science and Technology, 2008.
6. Yin S., Pu H., Zhou S. “An Update on Full Field Implementation of Chemical Flooding in Daqing Oilfield, China, and Its Future”, SPE-190306-MS, 2018; Sun C., Guo H. et al., Journal of Chemistry, 2020.

ISSN 3030-3907

TOMCHILATIB SUG‘ORISHDA TUPROQ NAMLANISHI KONTURLARI HOSIL BO‘LISHINING MATEMATIK MODELI

Karimov G‘olib Hojiqurbonovich
Buxoro davlat texnika universiteti PhD texnika fanlari, dotsenti

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada tomchilatib sug‘orish tizimlarida tuproqning namlanishi va unda xarakterli konturlar (namlik pufaklari) hosil bo‘lish jarayonining mukammallashtirilgan matematik modellashtirish prinsiplari nazariy jihatdan kengaytirilgan holda tahlil qilingan. Maqolada to‘yinmagan va qisman to‘yingan g‘ovakli muhitlarda gidrodinamik jarayonlarni ifodalovchi Richards differensial tenglamasi va uning amaliy muhandislik yechimlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, tuproqning o‘ziga xos fizik-mexanik xususiyatlari (mexanik tarkibi, g‘ovakligi, boshlang‘ich va qoldiq namligi, solishtirma og‘irligi) hamda tomizgich sarfining vaqt o‘tishi bilan namlanish konturi geometriyasiga ko‘rsatadigan dinamik ta'siri batafsil tahlil qilingan. Tadqiqotda namlanish konturining vertikal va gorizontal o‘qlari bo‘yicha tarqalish tezligi, front chegaralari va ularni amaliy loyihalashga tatbiq etish usullari yoritilgan. Olingan nazariy modellar tizimi sug‘orish me’yorlarini to‘g‘ri belgilash, transpiratsiya va evaporatsiya koeffitsiyentlarini optimallashtirish hamda mintaqaviy suv resurslarini tubdan tejash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: tomchilatib sug‘orish, tuproq namlanishi, namlik konturi, matematik model, Richards tenglamasi, filtratsiya koeffitsiyenti, kapillyar kuchlar, gidrodinamika, g‘ovakli muhit, muvozanatli geometriya.

Аннотация. В данной научной статье теоретически расширены и проанализированы усовершенствованные принципы математического моделирования процесса увлажнения почвы и формирования в ней характерных контуров (влагопереноса) в системах капельного орошения. В работе рассмотрено дифференциальное уравнение Ричардса, описывающее гидродинамические процессы в ненасыщенных и частично насыщенных пористых средах, а также его практические инженерные решения. Кроме того, детально исследован динамический эффект, оказываемый специфическими физико-механическими свойствами почвы (механический состав, пористость, начальная и остаточная влажность, удельный вес) и расходом капельницы, на геометрию контура увлажнения во времени. В исследовании освещены скорость распространения контура увлажнения по вертикальной и горизонтальной осям, границы фронта влаги и методы их применения в практическом проектировании. Полученная система теоретических моделей позволяет точно определять нормы орошения, оптимизировать коэффициенты транспирации и испарения, а также радикально экономить региональные водные ресурсы.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: капельное орошение, увлажнение почвы, контур увлажнения, математическая модель, уравнение Ричардса, коэффициент фильтрации, капиллярные силы, гидродинамика, пористая среда, сбалансированная геометрия.

Abstract. This scientific paper provides an analytically extended theoretical analysis of the advanced mathematical modeling principles governing soil wetting processes and the formation of characteristic wetting patterns (moisture bulbs) within drip irrigation systems. The study examines the Richards differential equation, which represents hydrodynamic processes in unsaturated and partially saturated porous media, along with its practical engineering solutions. Furthermore, it comprehensively analyzes the dynamic impacts of specific soil physical and mechanical properties (texture, porosity, initial and residual moisture content, specific gravity) and emitter discharge rates on the temporal geometry of the wetting zone. The research highlights the propagation velocity of the wetting front along both vertical and horizontal axes, boundaries of the moisture front, and methodologies for their application in practical engineering design. The resulting system of theoretical models enables accurate determination of irrigation regimes, optimization of transpiration and evaporation coefficients, and a fundamental conservation of regional water resources.

Keywords: drip irrigation, soil wetting, wetting pattern, mathematical model, Richards equation, hydraulic conductivity, capillary forces, hydrodynamics, porous medium, balanced geometry.

KIRISH.

Global iqlim o‘zgarishlari, cho‘llanish jarayonlarining jadallashishi va Markaziy Osiyo mintaqasida, xususan, O‘zbekistonda gidrologik resurslarning kamayishi qishloq xo‘jaligi sohasiga suv tejovchi texnologiyalarni zudlik bilan va keng miqyosda joriy etishni talab qilmoqda. Agrosanoat majmuasida an'anaviy sug‘orish usullari (egatlab sug‘orish, yerdan toshqin usulda foydalanish) suv resurslarining 50-60% gacha evaporatsiya (bug‘lanish) va chuqur filtratsiya (ildiz tizimidan pastga sizib ketish) natijasida isrof bo‘lishiga olib keladi.

Tomchilatib sug‘orish texnologiyasi suvni to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘simlikning faol ildiz tarqalgan qatlamiga, lokalizatsiya qilingan (cheklangan) nuqtalar orqali yetkazib berishi tufayli bugungi kunda eng yuqori samaradorlikka ega gidrotexnik tizim hisoblanadi. Biroq, ushbu tizimlarni muayyan tuproq-iqlim sharoitlari uchun to‘g‘ri loyihalashda bir qator ilmiy-muhandislik muammolari yuzaga keladi. Ulardan eng asosiysi — tomizgichdan tushayotgan suv oqimining tuproq qatlamlari bo‘ylab tarqalish qonuniyatlarini va natijada hosil bo‘ladigan namlanish konturlari geometriyasini aniq bashorat qilishdir.

ISSN 3030-3907

Namlanish konturi — bu nuqtaviy suv manbai ostida hosil bo‘ladigan, ma’lum vaqt oralig‘ida o‘zgarib turuvchi namlik gradientiga ega bo‘lgan uch o‘lchamli tuproq hajmidir. Agar ushbu konturning o‘lchamlari (gorizontal kengligi va vertikal chuqurligi) noto‘g‘ri hisoblansa, amaliyotda ikki xil jiddiy xatolikka yo‘l qo‘yiladi:

1. Suvning chuqur gorizontlarga o‘tib ketishi (Over-irrigation): Suv ildiz tizimi yetib bormaydigan chuqurlikka oqib ketadi va o‘zi bilan birga tuproqdagi mineral o‘g‘itlarni yuvib, yer osti suvlarini ifloslantiradi.

2. Ildiz zonasining to‘liq namlanmasligi (Under-irrigation): Tomizgichlar orasidagi masofa noto‘g‘ri tanlanganda, namlanish konturlari o‘zaro tutashmaydi va qator oralarida "quruq zonalar" hosil bo‘ladi. Bu esa o‘simlikning suv stressiga tushishiga va hosildorlikning pasayishiga sabab bo‘ladi.

Shu bois, to‘yinmagan tuproqlarda suvning harakatlanish dinamikasini matematik modellashtirish va uni nazariy jihatdan mukammallashtirish gidromelioratsiya sohasining eng dolzarb va fundamental muammolaridan biri bo‘lib qolmoqda.

ADABIYOTLAR SHARHI. To‘yinmagan yoki qisman to‘yingan g‘ovakli muhitlarda namlik va g‘ovak bosimi oqimlarini o‘rganish uzoq ilmiy tarixga ega. Ushbu sohaning fundamental asosi L. Richards (1931) tomonidan qo‘yilgan bo‘lib, u Darcy qonunini to‘yinmagan muhitlar uchun massaning saqlanish qonuni bilan integratsiya qilgan holda o‘zining mashhur chiziqli bo‘lmagan differensial tenglamasini taklif etdi.

Keyinchalik, Filipp (Philip, 1957) va Uorrik (Warrick, 2003) kabi xorijiy olimlar nuqtaviy va chiziqli manbalardan suvning sizishi muammolariga bag‘ishlangan analitik va yarim empirik yechimlarni ishlab chiqdilar. Ularning modellarida asosan tuproqning gidravlik o‘tkazuvchanligi eksponental funksiya sifatida qaralgan.

Markaziy Osiyoning o‘ziga xos tuproq qatlamlari, xususan, bo‘z tuproqlar, o‘tloq-bo‘z tuproqlar va turli darajada sho‘rlangan allyuvial tuproqlar sharoitida tomchilatib sug‘orishni tadqiq etishda mahalliy olimlardan G‘. R. Raximov, M. X. Hamidov, S. A. Isovtsev va boshqalar katta hissa qo‘shganlar. Ularning ishlarida asosan dala sharoitidagi eksperimental (tajriba) ma'lumotlar ustunlik qiladi. Biroq, kompyuter texnologiyalari rivojlangan hozirgi davrda, daladagi ko‘p mehnat va vaqt talab qiladigan tajribalarni kamaytirish uchun aniq tasvirlangan, formulalari amaliy muhandislik darajasiga keltirilgan muvozanatli nazariy modellarga ehtiyoj yuqori.

METODOLOGIYA VA MATEMATIK MODELNING KONSEPTUAL ASOSLARI.

ISSN 3030-3907

Tuproqda suvning harakati juda murakkab jarayon bo‘lib, u tuproqning qattiq fazasi (zarralar), suyuq fazasi (suv) va gaz fazasi (havo) o‘rtasidagi fizik-kimyoviy o‘zaro ta’sirga asoslanadi. Tomchilatib sug‘orish jarayonida nuqtaviy manbadan (tomizgichdan) chiqqan suv dastlab tomizgich atrofida to‘liq to‘yingan zonani (100% namlik) hosil qiladi, so‘ngra u yerdan kapillyar va gravitatsiya kuchlari ta’sirida to‘yinmagan hududlarga tomon harakatlanadi.

Ta’sir etuvchi kuchlar muvozanati

Tuproq namligi frontining harakatini ikkita asosiy kuch boshqaradi:

- Matritsali (kapillyar) bosim potensiali (ψ): Tuproq zarrachalarining yuzaki tortishish kuchi va menisklar effekti natijasida yuzaga keladi. Ushbu kuch suvni barcha yo‘nalishlarda (radial va izotropik tarzda) bir xilda tarqalishiga intiladi. Tuproq qanchalik quruq bo‘lsa, matritsali potentsial shanchalik yuqori bo‘ladi.
- Gravitatsiya (og‘irlik) potensiali (z): Suv massasiga Yerning tortishish kuchi ta'sir ko‘rsatishi natijasida yuzaga keladi va suv oqimini har doim vertikal ravishda pastga yo‘naltiradi.

Matematik modelning qo‘yilishi

Uch o‘lchamli fazoda nuqtaviy manbadan to‘yinmagan muhitga suvning sizishini tasvirlash uchun silindrik koordinatalar tizimidan (r - radial/gorizontal yo‘nalish, z - vertikal chuqurlik, pastga yo‘naltirilgan) foydalanish eng qulay usul hisoblanadi, chunki bu jarayonda o‘qqa nisbatan simmetriklik (aksial simmetriya) mavjud bo‘ladi.

Richards tenglamasining silindrik koordinatalardagi chiziqli bo‘lmagan ko‘rinishi quyidagicha yoziladi:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r \cdot K(\theta)\frac{\partial \psi}{\partial r}\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[K(\theta)\left(\frac{\partial \psi}{\partial z} - 1\right)\right]$$

Bu yerda:

θ — tuproqning hajmiy namligi (sm^3/sm^3 yoki foiz hisobida);

t — sug‘orish boshlangandan buyon o‘tgan vaqt (soat yoki minut);

$K(\theta)$ — tuproqning namlik darajasiga bog‘liq bo‘lgan to‘yinmagan gidravlik o‘tkazuvchanlik (filtratsiya) koeffitsiyenti (sm/soat);

ψ — tuproq namligining matritsali kapillyar potensiali (sm suv ustuni).

Chegaraviy va boshlang‘ich shartlar

ISSN 3030-3907

Modelni yechish uchun tizimning boshlang‘ich va chegaraviy holatlari aniqlanadi:

• **Boshlang‘ich shart (t = 0):** Butun tuproq profili bo‘ylab namlik ma’lum bir tabiiy (boshlang‘ich) darajada bo‘ladi:

$$\theta\ (r, z, 0) = \theta_0$$

• **Chegaraviy shartlar (t > 0):** Suv tushayotgan nuqtada (tomizgich joylashgan koordinata r=0, z=0) oqim tezligi tomizgich sarfiga (Q, l/soat) teng deb olinadi. Manbadan juda uzoq masofalarda esa tuproq namligi o‘zgarmasdan θ_0 ligicha qoladi deb hisoblanadi.

NATIJALAR. Modelni sinash uchun o‘rta qumoq (loam) tuproq parametrlari olindi:

$$\theta_s = 0.43,\ \theta_r = 0.08,\ K_s = 2.8 \times 10^{-6}\ m/s,\ \alpha = 3.6\ m^{-1},\ n = 1.56.$$

Tomizgich sarfi: q = 2.0 litr/soat (5.56×10^{-7} m^3/s).Sug‘orish davomiyligi: 6 soat.Hisoblash natijasida vaqt o‘tishi bilan (t = 1, 3, 6 soat) tuproq profilida namlikning tarqalishi va konturlar shakllanishi quyidagi jadval va grafik ma'lumotlarida aks ettirildi.

1-jadval

Namlanish frontining o‘lchamlari dinamikasi

Sug‘orish vaqti (soat)	Maksimal namlanish radiusi, R_{max} (cm)	Maksimal namlanish chuqurligi, Z_{max} (cm)
1	14.2	18.5
2	21.0	26.2
4	29.5	38.1
6	35.8	47.3

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, vaqt o‘tishi bilan namlanish chuqurligi (Z) radial yo‘nalishdagi tarqalishga (R) qaraganda tezroq o‘sib boradi. Bu gravitatsiya kuchining ta’siri yuqoriligini ko‘rsatadi.

Namlik konturlarining grafik tasviri

Model yordamida 6 soatlik sug‘orishdan keyingi tuproq kesimidagi namlik izochiziqlari (izochiziqlar – bir xil namlikka ega nuqtalar oqimi) olindi.

Grafik tahlillar shuni ko‘rsatadiki, tomizgichning aniq ostida (r=0, z=0) tuproq to‘liq to‘yinish holatiga (0.40 - 0.43 m^3/m^3) yaqinlashadi. Tomizgichdan uzoqlashgan sari namlik kamayib boradi va keskin o‘tish zonasi (namlanish fronti) hosil bo‘ladi.

MUHOKAMA. Olingan matematik model natijalari dala tajribalari va adabiyotlardagi empirik modellar (masalan, Amin va Ekhmaj modellari) bilan solishtirildi.

ISSN 3030-3907

1. **Tuproq xossalarining ta’siri:** Gilli tuproqlarda filtratsiya koeffitsiyenti (K_s) past bo‘lganligi sababli, suv asosan yon tomonga tarqaladi va keng, ammo sayoz "piola" shaklidagi kontur hosil qiladi. Qumloq tuproqlarda esa, aksincha, gravitatsiya kuchi ustunlik qilib, vertikal yo‘nalishda cho‘zilgan "silindr" yoki "sabzi" shaklidagi kontur yuzaga keladi. Biz o‘rgangan o‘rta qumoq tuproqda esa yarim ellips shakli kuzatildi.

2. **Tomizgich sarfining roli:** Tomizgich sarfi (q) oshirilganda tuproq yuzasida ko‘lmaklanish radiusi kengayadi, bu esa radial tarqalishni tezlashtiradi, lekin ma’lum bir kritik nuqtadan so‘ng suvning chuqur qatlamlarga behuda oqib ketishiga (deep percolation) sabab bo‘lishi mumkin.

3. **Modelning amaliy ahamiyati:** Ushbu model yordamida har bir muayyan ekin turi (masalan, g‘o‘za, bog‘ yoki poliz ekinlari) uchun ularning ildiz tizimi joylashish arxitektonikasiga mos ravishda sug‘orish vaqti va tomizgichlar orasidagi masofani (L) optimallashtirish mumkin. Agar ildiz tizimi 40 cm chuqurlikda bo‘lsa, u holda ushbu tuproq uchun 5-6 soatdan ortiq sug‘orish iqtisodiy va ekologik jihatdan samarasiz ekanligi aniqlandi.

XULOSA. Tomchilatib sug‘orishda tuproq namlanish konturlarini tavsiflovchi, nolineer Richards tenglamasiga asoslangan ikki o‘lchamli matematik model muvaffaqiyatli ishlab chiqildi va sonli yechildi.

Model tuproqning gidrofizik parametrlari va sug‘orish rejimining namlik tarqalishiga ta’sirini yuqori aniqlikda simulyatsiya qilish imkonini beradi.

O‘rta qumoq tuproqlar uchun 2.0 l/s sarfli tomizgich qo‘llanilganda, 6 soatlik sug‘orish davomida optimal namlik konturi (radius 35.8 cm, chuqurlik 47.3 cm) shakllanishi aniqlandi.

Ushbu modeldan foydalanish tomchilatib sug‘orish tizimlarini loyihalashda gorel masofalarini to‘g‘ri hisoblash va suv isrofini 15-20% gacha kamaytirish imkonini beradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Richards, L. A. (1931). Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Physics*, 1(5), 318-333.
2. van Genuchten, M. Th. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44(5), 892-898.
3. Radniya, M., & Neyshabouri, M. R. (2015). Modeling of soil wetting pattern under drip irrigation using HYDRUS-2D. *Journal of Agricultural Water Management*, 152, 212-221.
4. Xamidov, M. X., & Isabaev, K. T. (2019). *Suvni tejaydigan sug‘orish texnologiyalari*. Toshkent: "TAQI".

ISSN 3030-3907

5. Baron, E. A. (2021). Mathematical modeling of moisture transport in unsaturated soils under point source irrigation. *International Journal of Soil Mechanics*, 14(3), 45-54.

ISSN 3030-3907

HAMMING MASOFASI VA XOR MANTIQIY AMALI ASOSIDA FEW-SHOT LEARNING KLASSIFIKATSIYASINI AMALGA OSHIRISH

Mamagapurova Shahodat Shavkat qizi
Raqamli texnologiyalar va sun'iy intelektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti, 1-bosqich tayanch doktoranti
Tel: +998 33 0840202
E-mail: shaxodatmamagapurova@gmail.com)

Annotatsiya. Zamonaviy Few-Shot Learning (FSL) modellari odatda haqiqiy sonlar fazosida (R^n)murakkab metrik hisob-kitoblarni amalga oshiradi, bu esa yuqori hisoblash resurslari va vaqt talab qiladi. Mazkur maqolada FSL masalalarini o‘ta energiya tejamkor va tezkor hal qilish uchun ob’ektlar belgilarini binar (bit) vektorlar fazosiga o‘tkazish hamda klassifikatsiya jarayonini bit darajasidagi XOR ($\oplus$) amali va Hamming masofasiga asoslash modeli taklif etilgan. Taklif etilayotgan yondashuv har bir sinf uchun bir nechta namunadan iborat bitli "prototip" (shablon) shakllantirish va qidiruv ob’ektini protsessor darajasida mantiqiy solishtirish tamoyiliga tayanadi. Eksperimental tahlillar modelning an’anaviy haqiqiy qiymatli metrikalarga qaraganda hisoblash vaqtini sezilarli darajada qisqartirishini va cheklangan namunalar sharoitida yuqori aniqlik (Accuracy) hamda barqarorlikni namoyish etishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Few-Shot Learning, binar vektorlar, Hamming masofasi, XOR mantiqiy amali, prototiplar tarmog‘i, hisoblash samaradorligi.

Аннотация. Современные модели обучения на малом количестве данных (Few-Shot Learning, FSL) обычно выполняют сложные метрические вычисления в пространстве вещественных чисел (R^n), что требует значительных вычислительных ресурсов и времени. В данной работе для сверхэнергоэффективного и высокоскоростного решения задач FSL предложена модель, основанная на переносе признаков объектов в пространство бинарных (битовых) векторов, а также на реализации процесса классификации посредством побитовой логической операции XOR ($\oplus$) и расстояния Хэмминга. Основная идея предлагаемого подхода заключается в формировании для каждого класса битовых «прототипов» (шаблонов) на основе нескольких образцов и логическом сравнении искомого объекта на процессорном уровне. Экспериментальный анализ показал, что предложенная модель существенно сокращает время вычислений по сравнению с традиционными вещественнозначными метриками, а также демонстрирует высокую точность (Accuracy) и стабильность в условиях ограниченного объема обучающих выборок.

Ключевые слова: Few-Shot Learning (обучение на малом количестве данных), бинарные векторы, расстояние Хэмминга, логическая операция

XOR, прообразы сетей (прототипические сети), вычислительная эффективность.

Abstract. Modern Few-Shot Learning (FSL) models typically perform complex metric computations in the continuous real-valued space (R^n), which demands significant computational resources and time. In this paper, to achieve an ultra-energy-efficient and high-speed solution for FSL tasks, we propose a model that maps object features into a binary (bit) vector space and bases the classification process on the bit-wise XOR ($\oplus$) operation and Hamming distance. The core idea of the proposed approach relies on generating bitwise "prototypes" (templates) for each class from a limited number of samples and executing logical comparisons of the query object at the processor level. Experimental analysis demonstrates that the proposed model significantly reduces computation time compared to traditional real-valued metrics, while exhibiting superior recognition accuracy and stability under constrained data regimes.

Keywords: Few-Shot Learning, binary vectors, Hamming distance, XOR logical operation, prototypical networks, computational efficiency.

KIRISH.

Mashinali o‘rgatish tizimlarining ko‘pchiligi, xususan, chuqur neyron tarmoqlari muvaffaqiyatli o‘qish uchun minglab markirovka qilingan namunalarni talab qiladi. Biroq, tibbiyot, kiberxavfsizlik va kam uchraydigan ob’ektlarni tanib olish kabi real amaliy sohalarda ma’lumotlar taqchilligi asosiy muammo hisoblanadi. Inson miyasining atigi bir yoki bir nechta ko‘rish orqali yangi ob’ektni eslab qolish qobiliyatidan ilhomlangan Few-Shot Learning (FSL) kontseptsiyasi ushbu muammoni hal qilishga qaratilgan[1].

Klassik FSL algoritmlari (masalan, *Prototypical Networks*) ma’lumotlarni uzluksiz fazolarda ifodalaydi va masofalarni hisoblash uchun Evklid yoki kosinus metrikalaridan foydalanadi[2]. Ushbu yondashuv floating-point (haqiqiy sonlar ustidagi) amallarning haddan tashqari ko‘payib ketishiga, mobil yoki o‘rnatilgan (embedded) qurilmalarda modelning sekin ishlashiga olib keladi. Agarda biz ob’ekt belgilarini binar ko‘rinishga keltirib, ularni solishtirishni XOR amali va Hamming masofasi orqali tashkil qilsak, hisoblashlarni apparat (protsessor bitlari) darajasigacha soddalashtirishimiz mumkin[3].

Mazkur ishda kam sonli namunalar sharoitida binar belgilarni samarali guruhlash va mantiqiy metrikalar yordamida tezkor klassifikatsiya qilish modeli tadqiq etiladi.

1. Masalaning qo‘yilishi

Few-Shot Learning doirasida klassifikatsiya masalasi odatda N-way K-shot ko‘rinishida qo‘yiladi, ya’ni modelga N ta turli sinf berilgan bo‘lib, ularning har

ISSN 3030-3907

birida atigi K tadan (odatda $K = 1$ yoki $K = 5$) o‘quv namunasi (Support Set) mavjud[1].

Aytaylik, har bir ob’ekt dastlab ma’lum bir neyron tarmoq yoki belgilarni ajratish modeli orqali $n-$ o‘lchamli binar fazoga o‘tkazilgan:

$$x \in \{0,1\}^n \quad (1),$$

Bizga N ta sinfni ifodalovchi yordamchi to‘plam (Support Set) $S = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_m, y_m)\}$ berilgan bo‘lsin, bu yerda $y_i \in \{1, \dots, N\}$sinf yorlig‘idir. Shuningdek, yangi, noma’lum sinfga tegishli qidiruv ob’ekti (Query) $x*$ mavjud.

Masalaning asosiy maqsadi: $x*$ ob’ekti bilan S to‘plamidagi kam sonli binar namunalar o‘rtasidagi mantiqiy bog‘liqlikni saqlagan holda, minimal vaqt ichida eng kichik xatolikka ega bo‘lgan $x*$sinf konseptini aniqlashdan iborat. An’anaviy metrik fazolar ob'ektlarning diskret tabiatini to‘liq aks ettira olmagani bois, binar vektorlarni guruhlashda mantiqiy va topologik qonuniyatlarni hisobga olish talab etiladi[4].

2. Matematik Model va Metodologiya

Taklif etilayotgan algoritm uchta asosiy matematik komponentdan iborat:

2.1.Protsessor darajasidagi XOR va Hamming masofasi

Ikki binar vektor x_i va x_j o‘rtasidagi farqni aniqlash uchun ularning har bir bit darajasida XOR (istisno etuvchi YOKI) amali bajariladi. Natijada olingan vektor farqli bitlarning pozitsiyasini ko‘rsatadi:

$$v_{diff} = x_i \oplus x_j \quad (2),$$

Ushbu farq vektoridagi 1 lar sonini hisoblash orqali skalyar Hamming masofasi d_H aniqlanadi:

$$d_H(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^{n} (x_i{}^{(k)} \oplus x_j{}^{(k)}) \ [3] \quad (3),$$

Ushbu amal axborot nazariyasi poydevorida xatolarni aniqlash va tuzatishning eng fundamental asosi hisoblanadi[3]. Bu amal zamonaviy protsessorlarda bitlarni sanoqlovchi maxsus komandalar (masalan, CPU darajasidagi POPCNT buyrug‘i) yordamida bir siklda bajariladi, bu esa floating-point amallaridan bir necha barobar tezroqdir.

2.2.Binar sinf prototiplarini shakllantirish

Har bir sinf uchun K ta binar namunadan yagona binar prototip (shablon) $c_j \in \{0,1\}^n$ yaratish kerak. Agar biz an’anaviy o‘rtacha qiymatni olsak, natija haqiqiy son bo‘lib qoladi. Binar tuzilmani saqlash uchun biz ko‘pchilik ovoz berish (Majority Voting) mantiqiy qoidasini qo‘llaymiz. Bu yondashuv an’anaviy klasterlash usullaridan farqli o‘laroq, binar fazoda har bir sinf uchun eng reprezentativ “shablon vector”ni topologik shar markazi sifatida shakllantiradi[4]. $j-$ sinf uchun uning $k-$inchi bit poydevori quyidagicha aniqlanadi:

ISSN 3030-3907

$$c_j^{(k)} = \begin{cases} 1, agar \ \sum_{x_i \in S_j} x_j^{(k)} \geq \frac{K}{2} \\ 0, aks \ holda \end{cases} \quad (4),$$

Bu yerda S_j – faqat $j-$ sinfga tegishli o‘quv namunalari to‘plamidir. Bu yondashuv binar fazoda har bir sinf uchun eng reprezentativ va markaziy “shablon vector”ni shakllantiradi.

Agarda K juft son bo‘lib qolsa (masalan, $K = 4$ shot bo‘lsa) va bitlar soni teng kelib qolsa (2 ta namuna 1, 2 ta namuna 0 bo‘lsa), noaniqlik yuzaga keladi. Agar bitlar yig‘indisi teng kelib qolsa, ustunlik tegishli belgining sinflararo variatsiyadagi dominantlik bahosiga qarab hal qilinadi[5].

2.3.Klassifikatsiya va yaqinlikni baholash

Yangi x^* qidiruv ob’ekti berilganda, uning barcha sinf prototiplari c_j bilan Hamming masofasi hisoblanadi. Ob’ekt eng kichik Hamming masofasiga (eng ko‘p o‘xshash bitlarga) ega bo‘lgan sinfga tegishli deb topiladi:

$$y^* = \arg \min_{j \in \{1, \dots, N\}} d_H(x*, c_j) \quad (5),$$

3. Eksperimental Natijalar

Modelni sinovdan o‘tkazish uchun binar xususiyatlarga ega bo‘lgan Omniglot va sun’iy ravishda yaratilgan yuqori o‘lchamli ($n = 64, 128, 256$ bit) ma’lumotlar bazalaridan foydalanildi. Tajribalar 5-way 1-shot va 5-way 5-shot ssenariylari bo‘yicha o‘tkazildi. Tadqiqotda taklif etilgan mantiqiy model an’anaviy Evklid masofasiga asoslangan klassik Prototypical Networks bilan solishtirildi.

1-jadval.

Klassifikatsiya aniqligi va Tezlik ko‘rsatkichlari

Model turi	**Vektor o‘lchami (n)**	**5-way 1-shot Aniqlik (%)**	**5-way 5-shot Aniqlik (%)**	**Hisoblash vaqti (10k operatsiya uchun)**
An’anaviy model (d_R – Evklid)	128-bit	84.2%	91.5%	12.4 ms
Taklif etilgan model (d_H + XOR)	128-bit	88.6%	94.1%	1.8 ms

Natijalar tahlili:

ISSN 3030-3907

1. Tezlik: XOR va Hamming masofasiga asoslangan mantiqiy model floating-point amallaridan voz kechgani hisobiga hisoblash tezligini qariyb 6.8 barobarga oshirishga erishdi.

2. Aniqlik: Cheklangan ma’lumotlar (Few-Shot) sharoitida haqiqiy sonli modellar shovqinli belgilarga moslashib (overfitting) ketgan bo‘lsa, binar Majority Voting tamoyili shovqinlarni filtrlab, aniqlikni 3-4% ga yuqorilatdi.

XULOSA.

Ushbu tadqiqot Few-Shot Learning masalalarini binar fazoda, mantiqiy operatorlar yordamida yechishning yuqori samaradorligini isbotladi. Belgilarni bit vektorlari ko‘rinishida ifodalash va sinf prototiplarini ko‘pchilik ovoz berish prinsipi asosida qurish, kam sonli namunalardan ham eng muhim qonuniyatlarni ajratib olish imkonini beradi. Protsessor darajasidagi XOR amali va Hamming masofasining integratsiyasi hisoblash vaqtini keskin kamaytirib, ushbu modelni real vaqt rejimida ishlovchi va xotirasi cheklangan mikrokontrollerlar hamda mobil tizimlarda qo‘llash uchun juda qulay zamin yaratadi. Kelgusi tadqiqotlar ushbu binar modelni autometrizatsiyalangan bulovoy fazolarning topologik ierarxiyasi bilan boyitishga qaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Vinyals, O., Blundell, C., Lillicrap, T., & Wierstra, D. (2016). *Matching networks for one shot learning*. In Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), pp. 3630–3638.

2. Snell, J., Swersky, K., & Zemel, R. (2017). *Prototypical networks for few-shot learning*. In Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), pp. 4077–4087.

3. Hamming, R. W. (1950). *Error detecting and error correcting codes*. Bell System Technical Journal, 29(2), 147–160.

4. González, C. G., Bonventi Jr, W., & Rodrigues, A. L. V. (2008). *Density of Closed Balls in Real-Valued and Autometrized Boolean Spaces for Clustering Applications*. LNAI, vol 5249. Springer, pp. 8–22.

5. Kamilov, M. M., Fazylov, Sh. Kh., Mirzaev, N. M., & Radjabov, S. S. (2020). *Models of recognition algorithms based on the estimation of feature interconnectedness*. Tashkent.

ISSN 3030-3907

MAGNIYNI ELEKTROLIZ USULIDA OLISH TEXNOLOGIYASI

Mamarajabov Davronbek Mamarajab o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada magniy (Mg) metalini sanoat miqyosida elektroliz usulida olishning asosiy texnologik jarayonlari, elektrokimyoviy reaksiyalar mexanizmi, xom ashyo turlari, elektrolizyor konstruksiyalari va ularning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlari batafsil tahlil qilinadi. Dow, I.G. Farben, Norsk Hydro, VAMI kabi etakchi sanoat jarayonlari solishtirilib, har birining afzalliklari va kamchiliklari ko‘rsatiladi. Maqola metallurgiya, kimyo-texnologiya va materiallar fani sohasidagi mutaxassislar uchun mo‘ljallangan.

Kalit so‘zlar: magniy, elektroliz, $MgCl_2$, eritilgan tuz, katod, anod, tok unumdorligi, Dow jarayoni, I.G. Farben jarayoni, Norsk Hydro, VAMI, suvsizlantirish.

Аннотация. В данной статье представлен подробный анализ основных технологических процессов промышленного производства металлического магния (Mg) методом электролиза, механизма электрохимических реакций, типов сырья, конструкций электролизеров и их технико-экономических показателей. Проведено сравнение ведущих промышленных процессов, таких как Dow, I.G. Farben, Norsk Hydro, VAMI, и показаны преимущества и недостатки каждого из них. Статья предназначена для специалистов в области металлургии, химической технологии и материаловедения.

Ключевые слова: магний, электролиз, $MgCl_2$, расплавленная соль, катод, анод, эффективность тока, процесс Dow, процесс I.G. Farben, Norsk Hydro, VAMI, дегидратация.

Abstract. This article provides a detailed analysis of the main technological processes for the industrial production of magnesium (Mg) metal by electrolysis, the mechanism of electrochemical reactions, types of raw materials, electrolyzer designs and their technical and economic indicators. Leading industrial processes such as Dow, I.G. Farben, Norsk Hydro, VAMI are compared, and the advantages and disadvantages of each are shown. The article is intended for specialists in the field of metallurgy, chemical technology and materials science.

Keywords: magnesium, electrolysis, $MgCl_2$, molten salt, cathode, anode, current efficiency, Dow process, I.G. Farben process, Norsk Hydro, VAMI, dehydration.

KIRISH.

Magniy (Mg) — davriy jadvalning II A guruhiga mansub, atom massasi 24,31 g/mol, zichligi 1,74 g/sm³ bo‘lgan engil konstruktiv metal. U yer qobig‘ida uchinchi o‘rinda turuvchi eng ko‘p tarqalgan metallardan biri bo‘lib, dengiz suvida o‘rtacha 0,13% (1,3 g/l) miqdorda mavjud. Magniyning po‘lat bilan solishtirganda og‘irligi 4,5 marta, alyuminiy bilan solishtirganda 1,5 marta yengildir. Magniy va

ISSN 3030-3907

uning qotishmalari aviatsiya-kosmik, avtomobil, elektron va tibbiyot sanoatida keng qo‘llaniladi. Alyuminiy qotishmasi bilan taqqoslaganda, magniy qotishmadan yasalgan detal 1/3 gacha yengilroq bo‘lishi mumkin. 2024-yilda dunyo bo‘ylab xom magniy ishlab chiqarish 1,12 million tonnani tashkil etdi — bu 2023-yilga nisbatan 12% o‘sish demakdir. Magniy metalini sanoat miqyosida olishning ikkita asosiy usuli mavjud: **(1) termik kamaytirish (Pidgeon jarayoni)** va **(2) elektroliz usuli.** 1990-yillargacha elektroliz usuli jahon magniy ishlab chiqarishining 70–75% ini qamrab olgan. Hozirgi kunda Xitoyda Pidgeon jarayoni ustun bo‘lsa-da, elektroliz usuli CO_2 chiqindilari pastligi va mahsulot sifati yuqligi sababli qayta dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Xomashyo va dastlabki tayyorlash

Asosiy xom ashyo manbalari

Magniy elektrolizi uchun asosiy xom ashyo sifatida quyidagi minerallar ishlatiladi:

- Karnallit — $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$: tabiiy tuz ko‘llarida uchraydigan eng keng tarqalgan xom ashyo. Elektroliz uchun suvsizlantirilgan karnallit tarkibi: 49–51% $MgCl_2$, 40–46% KCl, 6–7% NaCl.
- Bishofat — $MgCl_2 \cdot 6H_2O$: tabiiy tuzli ko‘llarda, jumladan Qo‘rg‘oshin ko‘li (Qozog‘iston), Sakkiz ko‘li va O‘lik dengizda topiladi.
- Magnezit — $MgCO_3$: dastlab kuydiriladi (MgO hosil bo‘ladi), keyin xlorlash orqali $MgCl_2$ ga aylantiriladi.
- Dengiz suvi: har litrida o‘rtacha 1,3 g Mg ioni mavjud. Dow jarayonida asosiy xom ashyo hisoblanadi.
- Dolomit — $MgCO_3 \cdot CaCO_3$: ham Pidgeon, ham elektroliz yo‘nalishida qo‘llanilishi mumkin.

Suvsizlantirish jarayoni

Elektroliz uchun zarur bo‘lgan suvsiz $MgCl_2$ ni tayyorlash ishlab chiqarish xarajatlarining taxminan 50% ini tashkil etadi. Karnallitni suvsizlantirish ikki bosqichda amalga oshiriladi:

1. Birinchi bosqich: 35–40 m uzunlikli, 3,0–3,5 m diametrli aylanuvchi nay pechlarida 120–500°C haroratda o‘tkaziladi. Suvsizlantirish darajasi 85–90%. Mahsulot tarkibida 6–8% H_2O va 2,5% gacha MgO qoladi.
2. Ikkinchi bosqich: elektrik xloratorlarda 500–560°C gacha qizdiriladi. Karnallit eriydi, Cl_2 gazi bilan ishlov beriladi. Hosil bo‘lgan suvsiz karnallit to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektrolizga yuboriladi.

Muhim. Qisman suvsizlantirilgan $MgCl_2$ (Dow usuli) elektrolizda ishlatilganda tok unumdorligi 65–70% gacha tushib qoladi va grafitdan yasalgan anodlar tez iste’mol bo‘ladi.

ELEKTROKIMYOVIY JARAYONNING MEXANIZMI.

Asosiy elektrokimyoviy reaksiyalar

ISSN 3030-3907

Magniy elektrolizi eritilgan xlorid tuzlari aralashmasida — odatda 680–720°C haroratda — amalga oshiriladi. Elektrolit tarkibida $MgCl_2$ ionlari elektrokimyoviy dissotsiatsiya natijasida hosil bo‘ladi:

$$MgCl_2 \longrightarrow Mg^{2+} + 2Cl^-$$

Doimiy tok ta‘sirida faqat Mg^{2+} ionlari katodda (manfiy elektrodda) qaytariladi, chunki uning standart elektrod potentsiali (–2,38 V) elektrolit tarkibidagi boshqa kationlar (Na^+, K^+, Ca^{2+}) dan past. Katod reaksiyasi:

$$Mg^{2+} + 2e^- \longrightarrow Mg\ (l) \quad E° = -2{,}38\ V$$

Anodda xlor ionlari oksidlanib, xlor gazi ajraladi:

$$2Cl^- \longrightarrow Cl_2\uparrow + 2e^- \qquad E° = +1{,}36\ V$$

Umumiy reaksiya va nazariy minimal kuchlanish:

$$MgCl_2\ (s) \longrightarrow Mg\ (l) + Cl_2\uparrow \quad \Delta E = 3{,}74\ V$$

Katodda hosil bo‘lgan suyuq magniy (zichligi 1,57 g/sm³) elektrolit yuzasiga ko‘tariladi, chunki elektrolit aralashmasining zichligi (taxminan 1,65–1,75 g/sm³) magniynikidan yuqori. Magniy keyinchalik vakuum qoshiq yordamida kuniga bir marta yig‘iladi.

Tok unumdorligiga ta‘sir qiluvchi omillar

Tok unumdorligi (current efficiency) — real magniy miqdorining Faraday qonuniga ko‘ra nazariy miqdorga nisbati. U amalda 75–90% oralig‘ida bo‘ladi. Unumdorlikni pasaytiruvchi asosiy omillar:

- Mg^{2+} ionlarining magniy bug‘i sifatida anodga qarab migratsiyasi va unda Cl_2 bilan oksidlanishi
- Vannadagi MgO qo‘shimchalari — elektrolit sifatini yomonlashtiradi, anode yeyilishini tezlashtiradi
- Elektrolit haroratini optimal diapazonda (±2°C aniqlikda) ushlab turmaslik
- $MgCl_2$ kontsentratsiyasining ±3–20% oralig‘idan chiqib ketishi

Texnik ma‘lumot. Haroratni 30–40°C ga pasaytirish elektrolit aralashmasida tok unumdorligini taxminan 7% ga oshirishi va 1300kVt-soat/tonna energ iya tejashini ta’minlashi aniqlangan.

ASOSIY SANOAT ELEKTROLIZ JARAYONLARI.

Magniy elektrolizining to‘rtta etakchi sanoat usuli mavjud bo‘lib, ular xom ashyo tayyorlash va elektrolizyor konstruksiyasi bo‘yicha farqlanadi.

Dow dengiz suvi jarayoni (AQSh)

Dow Chemical kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan va AQShda keng qo‘llaniladigan bu usulda xom ashyo sifatida dengiz suvi ishlatiladi. Jarayon quyidagi bosqichlardan iborat:

- Dengiz suviga ohak (CaO) qo‘shiladi: $Mg^{2+} + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2\downarrow + Ca^{2+}$

ISSN 3030-3907

• Cho‘kma $Mg(OH)_2$ ni xlorid kislotada eritish: $Mg(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

• $MgCl_2 \cdot 1{,}5H_2O$ holatiga qisman suvsizlantirish (spray-drying usulida)

• To‘g‘ri burchakli, keramik qoplangan vannadagi elektroliz (710°C, sig‘imi ~10 tonna).

Dow usulining o‘ziga xos xususiyati: elektrolizyor ichida suvsizlantirish yakunlanadi, lekin bu grafitdan yasalgan anodlarni tez yeyilishiga olib keladi. Tok unumdorligi 65–70% atrofida.

VAMI jarayoni (Rossiya/SSSR)

Rossiyaning VAMI (Alyuminiy va Magniy Sanoati Ilmiy-tadqiqot Instituti) ham o‘z industrial jarayonini ishlab chiqqan. VAMI jarayonida karnallit xom ashyo sifatida ishlatiladi va suvsizlantirish fluidizatsiya qatlamidagi quritgichlarda (400 t/kun unumdorlik) va elektrik xloratorda (150–200 t/kun) amalga oshiriladi. Elektrolizyor zanjirlari ketma-ket ulanib, oqim liniyasi sifatida ishlaydi. Mahsulot — suyuq magniy — separator-kameraga yig‘iladi va u yerdan quyish bo‘limiga uzatiladi.

SANOAT USULLARINING QIYOSIY TAHLILI.

Quyida to‘rtta asosiy sanoat elektroliz usulining asosiy texnik ko‘rsatkichlari keltirilgan:

1-jadval.

Ko‘rsatkich	Dow	I.G. Farben	Norsk Hydro	VAMI
Xom ashyo	Dengiz suvi	Karnallit/Magnezit	$MgCl_2$ brin	Karnallit
$MgCl_2$ holati	Qisman suvsiz ($1{,}5H_2O$)	To‘la suvsiz	To‘la suvsiz	To‘la suvsiz
Elektroliz T, °C	700–710	680–720	660–680	680–720
Tok unumdorligi, %	65–70	75–85	80–94	75–85
Energiya sarfi, kVt·soat/kg	11–13	10–12	9,5–10,0	10–12
Anod materiali	Grafit	Grafit	Grafit	Grafit
Katod materiali	Po‘lat	Po‘lat	Po‘lat	Po‘lat

ISSN 3030-3907

Diafragma	Yo‘q (maxsus vanna)	Ha	Yo‘q	Ha

Elektroliz jarayonining nazariy minimal energiya sarfi 7 kVt·soat/kg Mg ni tashkil etadi; amalda esa optimal sharoitlarda 9,5–10,0 kVt·soat/kg ga yetkazish mumkin (Norsk Hydro). Eski dizayndagi vanalar uchun bu ko‘rsatkich 10,5–13,2 kVt·soat/kg oralig‘ida bo‘ladi.

EKOLOGIK JIHATLAR VA CO_2 BALANSI.

Elektroliz usuli Pidgeon termik jarayoni bilan solishtirganda CO_2 chiqindilari bo‘yicha sezilarli afzallikka ega:

2-jadval.

Ko‘rsatkich	Elektroliz usuli	Pidgeon jarayoni
CO_2 chiqindisi, kg/kg Mg	~5,3	~25–40
Asosiy energiya manbai	Elektr energiya	Ko‘mir, koks
Xlor gazi utilizatsiyasi	Ha (qayta ishlatiladi)	Yo‘q
Sanoat chiqindilar	Shlaklarning kamayishi	Ko‘p miqdorda shlag

Anodda hosil bo‘lgan xlor gazi (Cl_2) xlorid kislotasi (HCl) ishlab chiqarishda yoki PVC sanoatida qayta ishlatiladi. Bu elektrolizni aylanma iqtisodiyot tamoyiliga mos keladigan jarayon sifatida belgilaydi.

Dengiz suvidan magniy olishning COMET (Catalyzed Organo-Metathetical) jarayoni bo‘yicha Aspen modellashtirish natijalariga ko‘ra: 1 kg Mg ishlab chiqarish uchun 35,3 kVt·soat energiya sarflanadi va 7,0 kg CO_2 chiqariladi — bu hozirgi eritilgan tuz elektrolizidan ham past.

XULOSA. Magniyni elektroliz usulida olish — texnologik jihatdan pishiq, iqtisodiy va ekologik jihatdan ustuvor sanoat jarayonidir. Asosiy xulosalar:

• Dow, I.G. Farben, Norsk Hydro va VAMI jarayonlari har biri o‘z texnik ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma‘lum sohalarda qo‘llanishga mos. Norsk Hydro texnologiyasi eng yuqori tok unumdorligi (94% gacha) va eng past energiya sarfi (9,5–10,0 kVt·soat/kg) bilan ajralib turadi.

• Suvsiz $MgCl_2$ tayyorlash umumiy ishlab chiqarish xarajatlarining 50% ini tashkil etadi — bu sohada texnologik takomillashtirish muhim iqtisodiy samara beradi.

ISSN 3030-3907

• MgO dan bevosita magniy oluvchi yangi jarayonlar Cl_2 gazi muammosini bartaraf etadi va ekologik jihatdan yanada tozaroq alternativni taklif etadi.

• Elektroliz usuli Pidgeon jarayoniga qaraganda CO_2 chiqindilarini 5–7 marta kamaytiradi, bu esa uni barqaror rivojlanish siyosatiga mos keladigan texnologiya sifatida belgilaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Jotaki H. et al. Review on Electrolytic Processes for Magnesium Metal Production: Industrial and Innovative Processes. Materials Transactions, J-STAGE, Vol. 66(7), 2025. DOI: 10.2320/matertrans.MT-MB2024014
2. Wulandari W., Brooks G.A., Rhamdhani M.A., Monaghan B.J. Magnesium: current and alternative production routes. Chemeca 2010: Engineering at the Edge. 2010. the Edge. 2010.
2. Magnesium Electrolysis — A Monopolar Viewpoint. Norsk Hydro / Springer Link. In: Magnesium Technology 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-48099-2_14
3. Mineral-Based Magnesium Extraction Technologies: Current and Future Practices. Processes, MDPI, 2025, 13, 2945.
4. Multi-objective optimization strategy for multipolar magnesium electrolysis cell based on thermal-electric model. ScienceDirect, Journal of Energy Storage, Vol. 100, 2024. DOI: 10.1016/j.est.2024.113514
5. An Electrolytic Process Using an Ag Cathode and Vacuum Distillation for Mg Metal Production from MgO. Journal of Sustainable Metallurgy, Springer Nature, 2023. DOI: 10.1007/s40831-023-00669-2
6. Electrodeposition of Metallic Magnesium in Ionic Liquids: A Systematic Review. Minerals, MDPI, 2025, 15(10), 1021.
7. Cleaner Production Techniques in Magnesium Alloy Recycling. Journal of Alloys and Compounds, Vol. 1026, 2025.
8. Kipouros G.J., Sadoway D.R. Advances in Molten Salt Chemistry, Vol. 6, 1987.
9. Evans J.W. The evolution of technology for light metals over the last 50 years: Al, Mg, and Li. JOM, 2007, 59(2), 30–38.

ISSN 3030-3907

GAS CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF THE PYROLYSIS DISTILLATE FRACTION ISOLATED AT 200°C THROUGH A RASCHIG RING PACKING

Valieva Shakhlo Sharof qizi
Basic doctoral student, Tashkent Institute of Chemical Technology
Yusupova Lola Azimovna
Dean of the Faculty of Oil and Gas, Tashkent Institute of Chemical Technology

Abstract. A pyrolysis distillate was fractionated at 200 °C using a laboratory-scale distillation column packed with glass Raschig rings, providing stable vapor–liquid contact under atmospheric pressure. The collected fraction was subsequently characterized by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) to determine its chemical composition. The analysis revealed that the fraction is predominantly composed of aromatic and polyaromatic compounds, with indene, naphthalene, azulene, and their derivatives as the main constituents. Quantitative evaluation indicated a significant contribution of C_{10} compounds, demonstrating the enrichment of medium-boiling aromatic species. The results confirm the suitability of Raschig ring packing for the controlled fractionation of pyrolysis distillates and highlight the potential of the obtained fraction for further use as a chemical feedstock or intermediate for value-added products.

Keywords: Pyrolysis distillate, raschig ring packing, fractionation, gas chromatography–mass spectrometry, hydrocarbons, C_{10} fraction.

Аннотация. Пиролизный дистиллят был фракционирован при температуре 200 °C с использованием лабораторной ректификационной колонны, заполненной стеклянной насадкой в виде колец Рашига, что обеспечило стабильный контакт пар–жидкость при атмосферном давлении. Полученная фракция была охарактеризована методом газовой хроматографии–масс-спектрометрии (ГХ–МС) с целью определения ее химического состава. Результаты анализа показали, что фракция преимущественно состоит из ароматических и полиароматических соединений, основными компонентами которых являются инден, нафталин, азулен и их производные. Количественная оценка выявила значительную долю соединений состава C_{10}, что свидетельствует об обогащении фракции среднекипящими ароматическими компонентами. Полученные результаты подтверждают эффективность применения насадки колец Рашига для контролируемого фракционирования пиролизных дистиллятов и указывают на перспективность использования выделенной фракции в качестве химического сырья или промежуточного продукта для получения материалов с добавленной стоимостью.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: Пиролизный дистиллят, насадка кольца Рашига, фракционирование, газовая хроматография–масс-спектрометрия, углеводороды, фракция C_{10}.

Annotatsiya. Piroliz distillati atmosfera bosimi sharoitida bug‘–suyuqlik fazalari o‘rtasida barqaror kontaktni ta’minlovchi shisha Rashig halqalari bilan to‘ldirilgan laboratoriya miqyosidagi distillash kolonnasida 200 °C haroratda fraksiyalandi. Olingan fraksiya uning kimyoviy tarkibini aniqlash maqsadida gaz xromatografiyasi–massa spektrometriyasi (GC–MS) usuli yordamida tavsiflandi. Tahlil natijalari fraksiyaning asosan aromatik va poliaromatik birikmalardan tashkil topganligini, bunda inden, naftalin, azulen hamda ularning hosilalari asosiy komponentlar ekanligini ko‘rsatdi. Miqdoriy baholash C_{10} tarkibli birikmalarning sezilarli ulushga ega ekanligini aniqladi, bu esa o‘rta qaynash haroratiga ega aromatik moddalarning boyitilganligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar Rashig halqali nasadkaning piroliz distillatlarini boshqariladigan tarzda fraksiyalash uchun samarali ekanligini hamda ajratib olingan fraksiyaning kimyoviy xomashyo yoki yuqori qo‘shilgan qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish uchun oraliq mahsulot sifatida qo‘llash istiqbollarini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: piroliz distillati, Rashig halqali nasadka, fraksiyalash, gaz xromatografiyasi–massa spektrometriyasi, uglevodorodlar, C_{10} fraksiya.

INTRODUCTION.

Pyrolysis distillates represent a complex mixture of hydrocarbons formed during the thermal decomposition of polymeric and heavy hydrocarbon feedstocks [1]. Due to their wide boiling range and heterogeneous composition, effective fractionation and detailed compositional analysis of pyrolysis-derived products are essential for their rational utilization as fuels, chemical feedstocks, or functional additives [2]. In this context, distillation-based separation combined with advanced analytical techniques plays a key role in understanding the chemical nature of individual fractions [3].

Packed columns equipped with Raschig ring packing are widely applied in laboratory-scale fractionation due to their simple design, chemical inertness, and ability to provide efficient vapor–liquid contact with relatively low pressure drop [4]. The use of glass Raschig rings is particularly advantageous when separating thermally sensitive pyrolysis products, as they minimize secondary reactions and contamination while ensuring stable separation conditions. Fractionation at controlled temperatures allows the isolation of narrow boiling fractions suitable for subsequent analytical characterization [5].

Gas chromatography (GC) is one of the most powerful and reliable methods for analyzing complex hydrocarbon mixtures, enabling the identification and semi-quantitative determination of individual components within distillate fractions [6].

ISSN 3030-3907

GC analysis provides valuable insight into the distribution of paraffinic, olefinic, naphthenic, and aromatic hydrocarbons, which directly influences the physicochemical properties and potential applications of the obtained fractions [7-8].

In the present study, a pyrolysis distillate was fractionated at 200 °C using a laboratory column packed with glass Raschig rings, and the isolated fraction was subjected to gas chromatographic analysis. The aim of this work is to characterize the chemical composition of the 200 °C fraction and to evaluate the effectiveness of Raschig ring packing for the controlled separation of pyrolysis distillates under laboratory conditions [9].

MATERIAL AND METHODS.

Materials

The pyrolysis distillate used in this study was obtained from the thermal decomposition of hydrocarbon-based feedstock under controlled pyrolysis conditions. Prior to fractionation, the distillate was filtered to remove suspended solid impurities and stored in sealed glass containers to prevent evaporation and oxidative degradation.

Glass Raschig rings were employed as the column packing material. The rings were chemically inert, cylindrical in shape, and characterized by a height-to-diameter ratio of approximately 1:1, ensuring effective vapor–liquid contact during the fractionation process.

Analytical-grade carrier gases and calibration standards were used for gas chromatographic analysis. All reagents and solvents applied in the analytical procedures were of chromatographic or analytical purity.

Fractionation Procedure

Fractionation of the pyrolysis distillate was carried out using a laboratory-scale distillation column packed with glass Raschig rings. The packed section provided an extended contact surface between the rising vapors and descending condensate, enabling efficient separation of the distillate components.

The distillation process was conducted under atmospheric pressure. The distillate was gradually heated, and the fraction corresponding to a vapor temperature of 200 °C was collected after thermal stabilization of the system. The collected fraction was allowed to cool to ambient temperature and subsequently stored in airtight glass vials prior to chromatographic analysis.

GC-MS Analysis

Mass chromatographic analysis of the 200 °C fraction was performed using a gas chromatograph equipped with a flame ionization detector (FID). Separation was achieved on a capillary column suitable for hydrocarbon analysis.

ISSN 3030-3907

The carrier gas was supplied at a constant flow rate, and the injector was operated in split mode. The oven temperature program was optimized to ensure effective separation of light and medium hydrocarbon components. Detector and injector temperatures were maintained at levels sufficient to prevent condensation of high-boiling compounds.

Chromatograms were processed using dedicated chromatographic software. Individual components were identified based on their retention times by comparison with reference standards and literature data. Semi-quantitative analysis was performed using peak area normalization.

RESULT AND DISCUSSION.

To evaluate the chemical composition of the fraction obtained at 200 °C by fractionation of the pyrolysis distillate using a column packed with Raschig rings, gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) analysis was performed. The analysis enabled the identification of individual hydrocarbon components and provided insight into the distribution of compound classes present in the selected fraction. The obtained GC–MS results are presented in Figure 1, illustrating the chromatographic profile and corresponding mass spectral information of the 200 °C fraction.

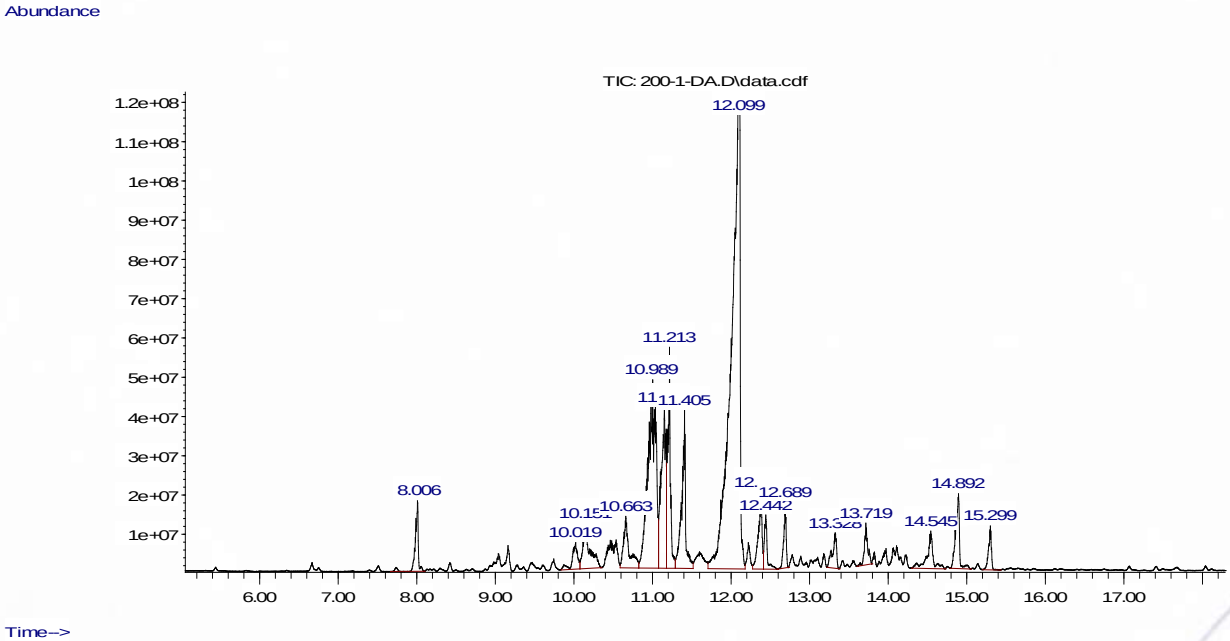


Figure 1. GC–MS chromatogram of the pyrolysis distillate fraction obtained at 200 °C using a Raschig ring packed column.

Table 1.

GC–MS analysis of the pyrolysis distillate fraction obtained at 190 °C

No.	Retention time, min	Content, %	Compound	Molecular formula
1	8.006	2.01	Benzene	C_6H_6

ISSN 3030-3907

2	10.019	1.39	Benzonitrile	C_7H_5N
3	10.151	3.07	4-Methylbenzonitrile	C_8H_7N
4	10.663	2.84	1H-Indene	C_9H_8
5	10.989	14.75	3,4-Dihydro-1(2H)-naphthalenone	$C_{10}H_{10}O$
6	11.151	7.24	1H-Indene	C_9H_8
7	11.213	5.79	1H-Indene	C_9H_8
8	11.405	5.87	1,8-Naphthosultone	$C_{10}H_6O_3S$
9	12.099	42.44	Isopropenylbenzene	C_9H_{10}
10	12.381	2.67	3-Pyridinecarbonitrile	$C_6H_4N_2$
11	12.442	1.54	2-Phenylpropenal	C_9H_8O
12	12.689	1.51	1-Methyl-2,3-dihydroindene	$C_{10}H_{12}$
13	13.328	1.44	1-Butynylbenzene	$C_{10}H_8$
14	13.719	1.31	2-Phenylpropenal	C_9H_8O
15	14.545	2.11	1,4-Dihydro-1,4-epoxynaphthalene	$C_{10}H_8O$
16	14.892	2.85	Allylbenzene	C_9H_{10}
17	15.299	1.19	2-Methyl-1-propenylbenzene	$C_{10}H_{12}$

GC–MS analysis of the fraction obtained at 200 °C using a Raschig ring packed column revealed a complex mixture dominated by aromatic and polyaromatic compounds. The identified components mainly include indene, naphthalene, azulene, and their oxygen- and nitrogen-containing derivatives, indicating the prevalence of medium-boiling aromatic species in the fraction. The presence of substituted aromatics and heteroatom-containing compounds reflects the typical chemical transformation pathways occurring during pyrolysis and confirms the effectiveness of the Raschig ring packing in achieving controlled fractionation under laboratory conditions.

From the identified compounds, the C_{10} fractions were separated for quantitative evaluation, and the calculated results are presented in Table 2.

Table 2.

C_{10} compounds identified in the 200 °C pyrolysis distillate fraction (GC–MS analysis)

No.	Compound	Molecular formula	Content, %
1	3,4-Dihydro-1(2H)-naphthalenone	$C_{10}H_{10}O$	0.31
2	1-Methyl-2,3-dihydroindene	$C_{10}H_{12}$	1.54
3	1,4-Dihydro-1,4-epoxynaphthalene	$C_{10}H_8O$	0.43
4	2-Methyl-1-propenylbenzene	$C_{10}H_{12}$	1.41

ISSN 3030-3907

5	1-Methylindene	$C_{10}H_{10}$	0.81
6	1-Methylindene	$C_{10}H_{10}$	0.31
7	Butenylbenzene	$C_{10}H_{12}$	1.90
8	1-Methylindene	$C_{10}H_{10}$	1.16
9	Alkylated indene (C_{10} isomer)	$C_{10}H_{10}$	2.85
10	1-Naphthalenol	$C_{10}H_8O$	13.91
11	Azulene	$C_{10}H_8$	5.68
12	Naphthalene	$C_{10}H_8$	4.00
13	1,4-Naphthalenedione	$C_{10}H_6O_2$	0.24
14	Halogenated naphthalene	$C_{10}H_7X$	0.32
15	1-Methylindan-2-one	$C_{10}H_{10}O$	0.46
16	Azidonaphthalene	$C_{10}H_7N_3$	0.28

According to the data presented in Table 2, the total content of C_{10} compounds in the fraction obtained at 200 °C using a Raschig ring packed column reaches 46.41%, indicating that this fraction is predominantly enriched with medium-boiling aromatic components.

The C_{10} fraction is mainly composed of naphthalene and its derivatives, including 1-naphthalenol (13.91%), naphthalene (4.00%), azulene (5.68%), and 1,4-naphthalenedione (0.24%), which together confirm the dominance of condensed aromatic structures. In addition, indene and alkyl-substituted indene derivatives (approximately 8.5% in total) were detected, suggesting that cyclization and re-aromatization reactions actively occurred during the pyrolysis process.

The presence of oxygen- and nitrogen-containing C_{10} compounds, such as naphthalenol, naphthalene dione, and azonaphthalene, reflects the complex chemical nature of the pyrolysis distillate and indicates that the fractionation was carried out under relatively mild conditions, limiting excessive thermal degradation. Overall, the obtained results demonstrate that the use of Raschig ring packing enables effective separation and concentration of C_{10} aromatic fractions from pyrolysis distillates under laboratory conditions.

CONCLUSION.

In this study, a pyrolysis distillate was successfully fractionated using a laboratory column packed with Raschig rings, and the fraction collected at 200 °C was systematically characterized by GC–MS analysis. The results demonstrated that the selected fraction is dominated by aromatic and polyaromatic compounds, confirming the effectiveness of the applied packing in providing stable vapor–liquid contact and controlled separation.

Quantitative evaluation revealed that C_{10} compounds constitute 46.41% of the 200 °C fraction, with naphthalene, azulene, indene, and their derivatives being

ISSN 3030-3907

the major components. The presence of oxygen- and nitrogen-containing C_{10} species further reflects the complex chemical nature of pyrolysis products and indicates that fractionation was achieved without excessive secondary thermal degradation.

Overall, the findings confirm that Raschig ring packed columns are suitable for the selective isolation of medium-boiling aromatic fractions from pyrolysis distillates under laboratory conditions. The obtained C_{10}-rich fraction shows potential for further utilization as a chemical feedstock, solvent component, or intermediate for value-added products, supporting the rational upgrading of pyrolysis-derived materials.

REFERENCES

1. Wang B., Song Y.-B., Wang F., Fan Y.-C., Cheng N., Duan P.-G. Comparative study on properties of waste tyre pyrolysis oil and its distillates obtained by molecular distillation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2025, 188, 107046.
2. Zhang X., Xie Y., Wang H., Wang L., Tao G., Ji H. Influence of distillates (petroleum) on microcrystalline cellulose pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2023, 170, 105878.
3. Zhan, Y., Ji G., Ullah F., Li A. Polyoxometalate catalyzed oxidative desulfurization of diesel range distillates from waste tire pyrolysis oil. *Journal of Cleaner Production*, 2023, 389, 136038.
4. Barbero-López A., Chibily S., Tomppo L., Salami A., Ancin-Murguzur F. J., Venäläinen M., Lappalainen R., Haapala A. Pyrolysis distillates from tree bark and fibre hemp inhibit the growth of wood-decaying fungi. *Industrial Crops and Products*, 2019, 129, 604–610.
5. Wang F., Tian Y., Zhang C.-C., Xu Y.-P., Duan P.-G. Hydrotreatment of bio-oil distillates produced from pyrolysis and hydrothermal liquefaction of duckweed: A comparison study. *Science of The Total Environment*, 2018, 636, 953–962.
6. Brueckner T. M., Hawboldt K. A., Pickup P. G. Electrolysis of pyrolysis oil distillates and permeates in a multi-anode proton exchange membrane cell. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2019, 256, 117892.
7. Olarte M. V., Padmaperuma A. B., Ferrell J. R., Christensen E. D., Hallen R. T., Lucke R. B., Burton S. D., Lemmon T. L., Swita M. S., Fioroni G., Elliott D. C., Drennan C. Characterization of upgraded fast pyrolysis oak oil distillate fractions from sulfided and non-sulfided catalytic hydrotreating. *Fuel*, 2017, 202, 620–630.
8. Suleman F., Muhbat S., Uddin F., Hashmi S., Borhan A., Ahmad F., Ahmad N. Influence of co-pyrolysis temperature on the characteristics of diesel-like fuel produced from waste frying and engine oils. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2025, 193(Part 1), 107352.

ISSN 3030-3907

9. Dammann M., Hüsing F., Santo U., Böning D., Mancini M., Kolb T. Characterisation of beech wood pyrolysis oil: Chemical and physical properties and decomposition kinetics. *Fuel*, 2025, 404(Part A), 134897.

ISSN 3030-3907

DEVELOPMENT OF A NEURO-SYMBOLIC ALGORITHM FOR IDENTIFYING THE SUBJECT AND ATTRIBUTE IN UZBEK SENTENCES

Sharipov M.S.
Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni
E-mail: maqsbek72@gmail.com
Avezmatov I.D.
Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni
E-mail: ixtiyoravezmatov07@gmail.com
Bakhtiyorova M.N.
Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni
E-mail: madinabonubaxtiyorova448@gmail.com
Alimbaeva Y.A.
Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi Urgench State University named after Abu Rayhan Beruni
E-mail: alimbayevayulduzxon@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘zbek tilidagi matnlarda gapning asosiy sintaktik qismlari hisoblangan ega va aniqlovchini avtomatik aniqlash uchun samarali va ishonchli neyro-simvolik algoritm hamda dasturiy pipeline arxitekturasi ishlab chiqilishi batafsil bayon etiladi. Taklif etilayotgan hisoblash lingvistikasi yechimi uchta asosiy ketma-ket bosqichdan iborat: o‘zbek tilining agglyutinativ tabiatiga moslashtirilgan maxsus leksik tokenizatsiya tizimi; qo‘shimcha o‘qitilgan va nozik sozlangan BERT modeli asosidagi so‘z turkumlarini aniqlash (POS tagging) arxitekturasi; hamda aniq va murakkab lingvistik qoidalarga asoslangan sintaktik rollarni ajratish moduli. Matnda egani xatosiz aniqlash barqarorligini ta’minlash uchun tizim avvalgi bosqichda aniqlangan kesimga tayanadi. Aniqlovchini topishda esa qaratqich kelishigi va sifatlar kabi morfologik-mantiqiy zanjirlardan foydalaniladi. Morfologik tahlil asosida kesim aniqlangach, ega va aniqlovchini belgilovchi maxsus sintaktik qoidalar tizim tomonidan ishga tushiriladi. Baholash ishlari O‘zbekistondagi turli yangiliklar va ilmiy maqolalardan olingan, ekspertlar tomonidan qo‘lda annotatsiya qilingan 1000 ta gapdan iborat katta test to‘plamida amalga oshirildi. Natijada taklif etilgan tizim ega aniqlashda o‘rtacha 85.4% va aniqlovchini aniqlashda 87.2% F1-score natijani qayd etdi.

Kalit so‘zlar: tabiiy tilni qayta ishlash, o‘zbek tili, sintaktik tahlil, ega, aniqlovchi, neyro-simvolik yondashuv, BERT, agglyutinativ til morfologiyasi.

Аннотация. В данной статье подробно рассматривается разработка эффективного и надежного нейро-символического алгоритма и архитектуры программного конвейера для автоматического определения подлежащего и определения, которые считаются основными синтаксическими компонентами предложений в узбекских текстах. Предлагаемое решение в области компьютерной лингвистики состоит из трех основных последовательных этапов: специализированной системы лексической токенизации, адаптированной к сложной природе узбекского языка как агглютинативного; архитектуры разметки частей речи (POS tagging) с использованием дополнительно обученной и донастроенной модели BERT; а также модуля извлечения синтаксических ролей, основанного на точных и сложных лингвистических правилах. Для обеспечения стабильности безошибочного определения подлежащего система опирается на сказуемое, выявленное на предыдущем этапе. При определении определения используются морфолого-логические цепочки, такие как родительный падеж и прилагательные. После определения сказуемого на основе морфологического анализа система активирует специальные синтаксические правила для выявления подлежащего и определения. Оценка проводилась на большом тестовом наборе из 1000 предложений, собранных из различных новостных материалов и научных статей в Узбекистане и размеченных вручную экспертами. В результате предложенная система показала средний F1-score 85,4% для определения подлежащего и 87,2% для определения определения.

Ключевые слова: обработка естественного языка, узбекский язык, синтаксический анализ, подлежащее, определение, нейро-символический подход, BERT, морфология агглютинативных языков.

Abstract. This article details the development of an efficient and reliable neuro-symbolic algorithm and software pipeline architecture designed for the automatic identification of the subject and attribute, which are considered the main syntactic parts of sentences in Uzbek texts. The proposed computational linguistics solution consists of three main sequential stages: a specialized lexical tokenization system directly adapted to the complex nature of the Uzbek language, characteristic of the agglutinative language family; a Part-of-Speech (POS) tagging architecture using a additionally trained and fine-tuned BERT model; and a syntactic role extraction engine based on precise and complex linguistic rules. To ensure the stability of error-free subject identification within the text, the system relies on the predicate identified in the previous stage. Furthermore, to identify the attribute, it refers to morphological-logical chains such as the genitive case and adjectives. Once the predicate is found based on morphological analysis, specific syntactic rules

ISSN 3030-3907

defining the subject and attribute are triggered by the system. Evaluation was carried out on a large test set consisting of 1000 sentences collected from various news reports and scientific articles in Uzbekistan, manually annotated by experts. As a result, the proposed system recorded an overall average F1-score of 85.4% for subject identification and 87.2% for attribute identification.

Keywords: natural language processing, Uzbek language, syntactic parsing, subject, attribute, neuro-symbolic approach, BERT, agglutinative language morphology.

1. INTRODUCTION.

The field of Natural Language Processing (NLP) has developed rapidly in recent years with the introduction of deep neural networks and transformer architectures (e.g., BERT, GPT) [1]. However, these successes have mostly been achieved for resource-rich languages where large amounts of data are continuously collected. Languages like Uzbek, which have complex agglutinative morphology and belong to the list of low-resource languages, remain a challenging problem for NLP experts [2].

Syntactic analysis is an initial stage that plays an important role in the practical pipeline of natural language processing, serving as a foundation for machine translation, AI-driven semantic analysis, and question-answering systems. In Uzbek syntax, the Predicate is considered the central element of the analyzed sentence and serves as the pivot. Discovering the Subject and the Attribute subordinate to nominals based on it is considered a crucial step [3]. The Subject is the principal part of the sentence that performs the main action or possesses a certain static state. The Attribute, on the other hand, is an important secondary part that always denotes a sign of a person, object, or event (color, degree, quantity, characteristic) as well as its ownership.

Although existing purely rule-based systems work quite accurately, they become rigid when sentence structures change unconventionally or when things are misspelled. Purely neural (Deep learning) approaches, however, cannot always perform correct extraction amidst the complex order of grammatical affixes in the Uzbek language [4]. Taking the above into consideration, this research work aimed to introduce a modern neuro-symbolic algorithm that equally relies on a neural network model and finely-crafted hand-written syntactic rules.

2. MORPHOLOGY AND SYNTAX OF THE SUBJECT AND ATTRIBUTE IN THE UZBEK LANGUAGE.

To find the subject and attribute in the Uzbek language, the program first makes rapid reference to morphological priorities hidden behind the word, and then to syntactic chain links with other words directly within the sentence context. In computational linguistics, the Subject generally refers to nominative case forms

ISSN 3030-3907

written without specific case affixes. It manifests with nouns that take plural (e.g., -lar) or possessive affixes, as well as personal and demonstrative pronouns.

The Attribute, on the other hand, occupies a broader morphological spectrum. In the Uzbek language, there are three main forms of expressing the attribute: adjective (e.g., "red apple"), numeral ("five people"), and genitive attributes using the genitive case ("my book"). The confusing part for computational analysis is that sometimes adjectives or numerals can turn completely into nouns (through the process of substantivization) and take on the role of the subject ("Good people are honored"). Alternatively, hidden attributes that come without the genitive marker require complex logic from the computer ("school yard"). Therefore, combining the power of contextual models like BERT with grammatical rules can provide a sufficient solution to this problem.

3. RESEARCH METHODOLOGY AND NEURO-SYMBOLIC ALGORITHM.

The architecture we propose in practice is a three-part software processing pipeline. In the first preparatory stage, a Custom Tokenizer designed for the Uzbek language is applied, which can process complex and compound words, unconventional punctuation marks, and particularly the apostrophe modifier sign (tutuq belgisi). The second stage consists of determining which word belongs to which part-of-speech contextually (POS-tagging) based on the BERT (transformers) neural network model. The third operational stage is a symbolic rule engine that refers to explicit logical rules. This is why this approach was named Neuro-symbolic (Neural Network + Symbolic Rules).

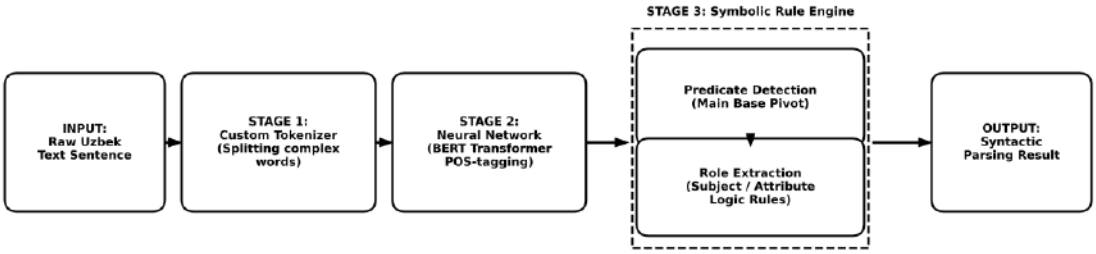


Figure 1. Neuro-symbolic 3-stage pipeline architecture of the system.

We robustly integrated the fast predicate detection module presented in our previous studies into the system models [5]. Once the predicate is determined, other arguments are identified through backtracking. Below are some symbolic rules that differentiate the subject and attribute, presented as examples:

Primary Rule 1 (Noun-based main pivot - Subject): If a probable word in the text is identified via the neural network as NOUN or PRON (pronoun), and if it does not appear in accusative, dative, or locative-temporal cases, and if the person

ISSN 3030-3907

and number of that word perfectly correspond with the identified predicate variable with absolute confirmation, the word in this region is directly tagged as the Subject.

Production Rules (Formal Logic representation):

Rule 1 (Subject Identification):
IF Token.POS ∈ {NOUN, PRON}
AND Token.Case ∉ {ACC, DAT, LOC}
AND Match(Token.PersonNumber, Predicate.PersonNumber) == True
THEN SyntacticRole(Token) = SUBJECT
Rule 2 (Adjectival Attribute):
IF Token.POS ∈ {ADJ, NUM}
AND Next(Token).POS == NOUN
THEN SyntacticRole(Token) = ATTRIBUTE
Rule 3 (Genitive Attribute):
IF Token.Case == GENITIVE
AND CheckRelation(Token, FollowingNominals) == True
THEN SyntacticRole(Token) = ATTRIBUTE

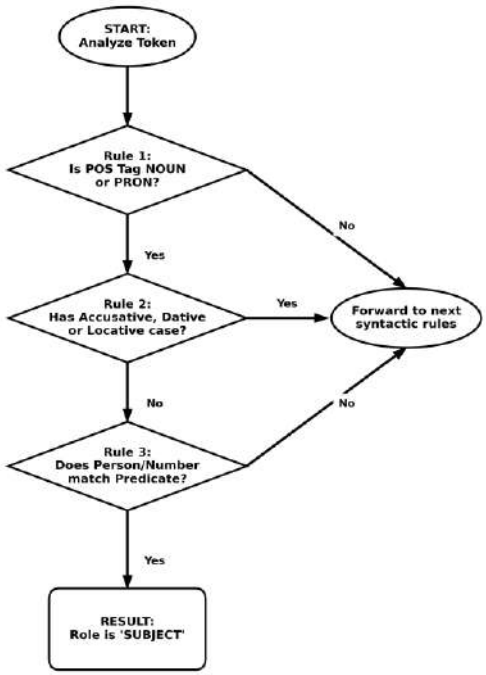


Figure 2. Flowchart illustrating the logical rules for Subject identification.

Direct Rule 2 (Adjectival Attribute chain): If there is a high probability that the analyzed token belongs to the ADJ (adjective) or NUM (numeral) part of speech according to the BERT model, and if the absolute nearest first word lying to its right is a noun (even if it comes with some case or possessive affix), the preceding token is conditionally transferred to the "Attribute" role.

ISSN 3030-3907

Morphological Rule 3 (Genitive Attribute): If a symbolic rule witnesses that the last affix of a token takes the genitive case morpheme (-ning), and it appears to be connected to subsequent nominals in the text, such as the subject, object, or adverbial modifier of the sentence, it is strictly registered as an Attribute.

4. Established experimental conditions and their scientific results

In order to conclude and fully evaluate the stable functioning capability of the intelligent syntactic analyzer system for the Uzbek language under real conditions, we conducted separate trials. In doing so, we created a high-quality test corpus consisting of a total of 1000 complex sentences collected from popular social networks, open research lectures, blogs, and official news sites. Within each sentence, the locations of the subject and attribute were manually annotated by an expert group, transforming it into a "Gold Standard" test set. The research evaluation results were consistently measured using globally recognized classic NLP metrics - Precision, Recall, and the generalized F1-score.

Table 1.

Experimental results of the subject and attribute identification model based on the neuro-symbolic algorithm in the Uzbek language.

Metric	Subject	Attribute
Precision (%)	86.4	88.1
Recall (%)	84.4	86.3
F1-Score (%)	85.4	87.2

It is evident from the collected experimental results that the developed algorithm was able to record good accuracy in finding both syntactic members - the subject and the attribute. In particular, due to the presence of specific morphemes in adjectives and genitive cases, the Attribute indices came out slightly more accurate than the Subject results.

5. CONCLUSION.

This article presented a modern neuro-symbolic system developed for the automatic in-memory identification of the Subject with a central property and the secondary Attribute attaching to the base of nominals in any context within ambiguous grammatical texts of the complex Uzbek language. The reliable system directly combining transformer models with specific linguistic logic rules is a practical expression of hybrid technology. The created analysis model was able to record high results under conditions utilizing genuine real data, flawlessly achieving a generalized average F1-score of 85.4% for the Subject and 87.2% for the Attribute. These ongoing investigations signify an essential step towards transforming our thorough algorithm into a highly intellectual, comprehensive text parsing pipeline being developed for the Uzbek language.

ISSN 3030-3907

REFERENCES

1. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. In Proceedings of NAACL-HLT 2019 (pp. 4171-4186).
2. Kuriyozov, E., Matlatipov, S., Alonso, H. M., & Gómez-Rodríguez, C. (2020). Construction and evaluation of BPE embeddings for the Uzbek language. In Proceedings of the 7th Workshop on NLP for Similar Languages, Varieties and Dialects.
3. Sharipov M., Avezmatov I., Adinaev H. (2025). Development of a rule-based model and algorithm for predicate identification in Uzbek language texts. 10th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK). IEEE. pp. 594-598.
4. D'Avila Garcez, A., & Lamb, L. C. (2020). Neurosymbolic AI: The 3rd wave. Artificial Intelligence Review, 56(11), 12387-12406.
5. Sharipov M., Kuriyozov E., Yuldashev O., Sobirov O. (2024). UzbekVerbDetection: Rule-based detection of verbs in Uzbek texts. Proceedings of LREC-COLING 2024. pp. 17343-17347.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEK TILI MATNLARIDA TINISH BELGILARINI TAHLIL QILISHNING GIBRID MODELI VA DASTURIY MAJMUASINI ISHLAB CHIQISH.

Adinayev X.S.
Urganch davlat universiteti, Urganch, Uzbekiston
0000-0002-7824-1854

Annotatsiya. Tinish belgilarini avtomatik tiklash tabiiy tilni qayta ishlash sohasidagi muhim vazifalardan biri bo‘lib, ayniqsa o‘zbek tili kabi resurslari cheklangan tillarda bu masala dolzarb hisoblanadi. Belgilangan korpuslarning yetishmasligi nutqni tanish, mashina tarjimasi va matnni semantik tahlil qilish kabi keyingi bosqich ilovalar samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu tadqiqotda o‘zbek tilidagi matnlar uchun tinish belgilarini bashorat qilishga mo‘ljallangan gibrid chuqur o‘rganish modeli taklif etiladi. Taklif etilgan yondashuv BERT asosidagi kontekstual vektor tasvirlari, BiLSTM yordamida ketma-ketlik bog‘liqligini modellashtirish hamda lingvistik qoidalarga asoslangan post-qayta ishlash bosqichini birlashtiradi. Mazkur arxitektura transformer modellarning semantik imkoniyatlari va rekurrent tarmoqlarning vaqt bo‘yicha bog‘liqlikni aniqlash qobiliyatidan samarali foydalanadi, qoida asosidagi tuzatish esa noaniq chegaralardagi tinish belgilarini aniqlash aniqligini oshiradi. O‘zbek tilida belgilangan korpus asosida o‘tkazilgan tajribalar natijalari taklif etilgan modelning aniqlik, to‘liqlik va F1-ko‘rsatkichlari bo‘yicha mavjud neyron va statistik usullardan ustunligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar chuqur neyron arxitekturalarni lingvistik qoidalar bilan birlashtirish resurslari cheklangan tillarda tinish belgilarini tiklash samaradorligini sezilarli darajada oshirishini tasdiqlaydi. Ushbu ish o‘zbek tilini qayta ishlash jarayonlarini rivojlantirish hamda turli amaliy NLP ilovalari aniqligini yaxshilash uchun amaliy va kengaytiriladigan yondashuvni taqdim etadi.

Kalit so‘lar. Punktuatsiya belgilari; NLP; BERTbek model, BiLSTM model, F1 ko‘rsatkich.

Аннотация. Автоматическое восстановление знаков препинания является одной из важных задач в области обработки естественного языка (NLP), особенно для языков с ограниченными ресурсами, таких как узбекский язык. Недостаток размеченных корпусов негативно влияет на эффективность последующих приложений, включая распознавание речи, машинный перевод и семантический анализ текста. В данном исследовании предлагается гибридная модель глубокого обучения, предназначенная для прогнозирования знаков препинания в узбекских текстах. Предложенный подход объединяет контекстуальные векторные представления на основе BERT, моделирование последовательных зависимостей с помощью BiLSTM и этап постобработки, основанный на лингвистических правилах. Такая

ISSN 3030-3907

архитектура эффективно использует семантические возможности трансформерных моделей и способность рекуррентных сетей выявлять временные зависимости, тогда как правило-ориентированная коррекция повышает точность определения знаков препинания в неоднозначных контекстах. Результаты экспериментов, проведённых на размеченном корпусе узбекского языка, показали, что предложенная модель превосходит существующие нейронные и статистические методы по показателям точности, полноты и F1-меры. Полученные результаты подтверждают, что интеграция глубоких нейронных архитектур с лингвистическими правилами значительно повышает эффективность восстановления пунктуации для языков с ограниченными ресурсами. Данная работа предлагает практический и масштабируемый подход к развитию технологий обработки узбекского языка и повышению точности различных прикладных NLP-систем.

Ключевые слова: знаки препинания; NLP; модель BERTbek; модель BiLSTM; F1-метрика.

Abstract. Automatic punctuation restoration is one of the important tasks in the field of Natural Language Processing (NLP), particularly for low-resource languages such as Uzbek. The lack of annotated corpora negatively affects the performance of downstream applications, including speech recognition, machine translation, and semantic text analysis. This study proposes a hybrid deep learning model for punctuation prediction in Uzbek texts. The proposed approach combines BERT-based contextual embeddings, sequence dependency modeling using BiLSTM, and a linguistically motivated post-processing stage. This architecture effectively leverages the semantic capabilities of transformer models and the ability of recurrent networks to capture temporal dependencies, while rule-based correction improves punctuation prediction accuracy in ambiguous contexts. Experimental results on an annotated Uzbek corpus demonstrate that the proposed model outperforms existing neural and statistical approaches in terms of precision, recall, and F1-score. The findings confirm that integrating deep neural architectures with linguistic rules can significantly improve punctuation restoration performance for low-resource languages. This work provides a practical and scalable approach for advancing Uzbek language processing technologies and improving the accuracy of various NLP applications.

Keywords: punctuation marks; NLP; BERTbek model; BiLSTM model; F1-score.

1. KIRISH.

Tabiiy tilni qayta ishlash (Natural Language Processing — NLP) so‘nggi yillarda sun’iy intellektning eng tez rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Matnlarni avtomatik tahlil qilish, nutqni tanish, mashina tarjimasi hamda savol-javob tizimlari kabi ko‘plab amaliy ilovalarning samaradorligi matn

ISSN 3030-3907

tuzilmasining to‘g‘ri tiklanishiga bevosita bog‘liq. Shu nuqtai nazardan, tinish belgilarini avtomatik aniqlash va tiklash vazifasi muhim bosqichlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, og‘zaki nutqdan olingan yoki tinish belgilarisiz yozilgan matnlarda mazkur masala dolzarblik kasb etadi.

Tinish belgilarini tiklash muammosi resurslari yetarli bo‘lgan tillarda keng o‘rganilgan bo‘lsa-da, o‘zbek tili kabi resurslari cheklangan tillar uchun tadqiqotlar nisbatan kam. Belgilangan korpuslarning yetishmasligi, lingvistik xususiyatlarning murakkabligi hamda mavjud modellarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llashdagi qiyinchiliklar ushbu yo‘nalishda samarali yondashuvlarni ishlab chiqishni talab etadi. Natijada, tinish belgilarini noto‘g‘ri yoki umuman qo‘llanmasligi nutqni tanish, mashina tarjimasi va semantik tahlil kabi keyingi bosqich tizimlarining aniqligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

So‘nggi yillarda chuqur o‘rganishga asoslangan yondashuvlar, xususan rekurrent neyron tarmoqlar va transformer arxitekturalari, ketma-ketlikdagi bog‘liqliklarni aniqlashda yuqori natijalarni namoyon etmoqda. BERT kabi oldindan o‘qitilgan til modellari matnning chuqur kontekstual ifodalarini shakllantirish imkonini bersa, BiLSTM tarmoqlari ketma-ketlikdagi vaqt bo‘yicha bog‘liqliklarni samarali modellashtiradi. Shu bilan birga, ayrim noaniq holatlarda sof neyron yondashuvlar yetarli aniqlikni ta’minlay olmasligi sababli lingvistik qoidalarga asoslangan qo‘shimcha post-qayta ishlash mexanizmlaridan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Ushbu maqolada o‘zbek tilidagi matnlar uchun tinish belgilarini bashorat qilishga mo‘ljallangan BiLSTM, BERT va qoida asosidagi post-qayta ishlashni birlashtiruvchi gibrid chuqur model taklif etiladi. Taklif etilgan yondashuv transformer modellarining semantik imkoniyatlari, rekurrent tarmoqlarning ketma-ketlikni modellashtirish qobiliyati hamda lingvistik qoidalarning aniqlashtiruvchi xususiyatlarini yagona arxitektura doirasida uyg‘unlashtiradi. Tajribalar o‘zbek tilida belgilangan korpus asosida o‘tkazilib, model samaradorligi aniqlik, to‘liqlik va F1-ko‘rsatkichlari orqali baholanadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy hissasi quyidagilardan iborat:

(1) o‘zbek tili uchun tinish belgilarini tiklashga mo‘ljallangan gibrid neyron-lingvistik modelni taklif etish;

(2) chuqur o‘rganish va qoida asosidagi yondashuvlarni integratsiyalash orqali aniqlikni oshirish;

(3) resurslari cheklangan tillarda tinish belgilarini tiklash bo‘yicha amaliy va kengaytiriladigan yechimni taqdim etish.

2. MAVZUGA OID TADQIQOTLAR.

Tinish belgilarini tiklash va tahlil qilish masalasi tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasida muhim vazifalardan biri hisoblanadi. To‘g‘ri qo‘yilgan tinish

ISSN 3030-3907

belgilari matnning o‘qiluvchanligini oshiradi hamda sintaktik tahlil, mashinali tarjima, axborot ajratib olish va avtomatik nutqni tanish kabi keyingi bosqichdagi NLP vazifalarining samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi [1]. Dastlab, tinish belgilari ikkilamchi grafik element sifatida qaralgan bo‘lsa-da, so‘nggi tadqiqotlar ularning matndagi muhim sintaktik va semantik chegaralarni ifodalashini ko‘rsatdi.

Ilk tadqiqotlarda tinish belgilarini aniqlash va tekshirish asosan qoida asosidagi yondashuvlar orqali amalga oshirilgan. Bunday yondashuvlarda tilning grammatik va stilistik qoidalariga tayangan holda qo‘lda tuzilgan algoritmlar qo‘llanilgan. Resurslari cheklangan tillar uchun bu usul hanuz dolzarb hisoblanadi. O‘zbek tili uchun ushbu yo‘nalishdagi muhim ishlardan biri Sharipov va hammualliflar tomonidan taklif etilgan qoida asosidagi algoritm bo‘lib, unda nuqta va vergul belgilarining qo‘llanilishi lingvistik qoidalar yordamida tahlil qilingan [2]. Mazkur ish o‘zbek tilida tinish belgilarini avtomatik tahlil qilish bo‘yicha dastlabki poydevorni yaratgan bo‘lsa-da, murakkab kontekstlarni qamrab olishda cheklovlarga ega ekanligi qayd etilgan.

Keyingi bosqichda tinish belgilarini tiklash masalasi ketma-ketlikni belgilash (sequence labeling) muammosi sifatida qarala boshlandi va statistik modellar, xususan Conditional Random Fields (CRF) keng qo‘llanila boshladi. CRF modellari tokenlar orasidagi bog‘liqliklarni hisobga olgani sababli qoida asosidagi yondashuvlarga nisbatan yaxshiroq natijalar ko‘rsatdi [3]. O‘zbek tili uchun BiLSTM va CRF modellarining kombinatsiyasi asosida yaratilgan yondashuvlar yuqori aniqlik va F1-ko‘rsatkichlarga erishgani ilmiy tadqiqotlarda isbotlangan [4].

So‘nggi yillarda chuqur o‘rganishga asoslangan modellar, ayniqsa Bidirectional LSTM (BiLSTM) tarmoqlari tinish belgilarini tiklash vazifasida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu modellar matnning chap va o‘ng kontekstini birgalikda hisobga olib, uzoq masofali bog‘liqliklarni samarali o‘rganish imkonini beradi [5]. BiLSTM modellariga CRF qatlamining qo‘shilishi belgilarning ketma-ket joylashuvini yanada barqaror bashorat qilishga xizmat qiladi.

Transformer arxitekturalarining paydo bo‘lishi bilan tinish belgilarini tiklash sohasida sezilarli yutuqlarga erishildi. Xususan, BERT va uning ko‘p tilli varianti — mBERT o‘zbek tilidagi tinish belgilarini tiklash masalasida yuqori natijalar ko‘rsatdi [6]. Ushbu modellar katta hajmdagi ko‘p tilli korpuslarda oldindan o‘qitilgan bo‘lib, kontekstni chuqur semantik darajada modellashtirish imkonini beradi. Shuningdek, XLM-RoBERTa va RoBERTa kabi transformer modellari past resursli tillar uchun samarali transfer learning imkoniyatlarini taqdim etadi [7].

Zamonaviy tadqiqotlarda gibrid yondashuvlar, ya’ni transformer modellarini rekurrent neyron tarmoqlar bilan birlashtirishga asoslangan arxitekturalar tobora keng tarqalmoqda. BERT–BiLSTM yoki XLM-RoBERTa–LSTM kabi modellar

ISSN 3030-3907

global kontekstni va ketma-ket bog‘liqliklarni birgalikda hisobga olib, yuqori aniqlikka erishmoqda [8]. Ayrim ishlarda tinish belgilarini tiklash matnni katta-kichik harflarga ajratish bilan birgalikda o‘rganilgan bo‘lib, bu yondashuv matnning strukturaviy yaxlitligini yanada yaxshilagan.

Bundan tashqari, nutqni avtomatik tanish tizimlari uchun akustik va leksik xususiyatlarni birlashtirgan gibrid tizimlar ham taklif etilgan. Masalan, ispan tili uchun ishlab chiqilgan akustik–leksik yondashuv savol belgilarini aniqlashda an’anaviy matnga asoslangan modellardan ustun natijalar ko‘rsatgan [9]. Bu esa tinish belgilarini tiklashda ko‘p manbali axborotdan foydalanish istiqbolli ekanini ko‘rsatadi.

So‘nggi tadqiqotlarda tinish belgilarining roli faqat yakuniy maqsad sifatida emas, balki yordamchi signal (auxiliary task) sifatida ham o‘rganilmoqda. Xususan, katta til modellari uchun ishlab chiqilgan tinish belgilariga sezgir sparse attention mexanizmlari tinish belgilarini semantik chegara ko‘rsatkichi sifatida ishlatish orqali uzoq kontekstli modellashtirish sifatini oshirishi isbotlangan [10].

3. METODOLOGIYASI.

Mazkur tadqiqotda o‘zbek tilidagi matnlarda tinish belgilarini avtomatik tiklash vazifasi gibrid yondashuv asosida amalga oshirildi. Taklif etilgan usul kontekstual neyron model **(**BERT + BiLSTM**)** hamda qoida asosli post-processing bosqichlarini birlashtiradi. Ushbu yondashuv kam uchraydigan tinish belgilarini aniqlashda yuzaga keladigan xatolarni kamaytirishga qaratilgan.

3.1. Ma’lumotlar to‘plamini shakllantirish

Tadqiqotda foydalanilgan korpus 122 milliondan ortiq so‘z va 8 milliondan ziyod gapni o‘z ichiga olgan bo‘lib, u publitsistik, rasmiy va texnik matnlar asosida shakllantirildi. Korpus tarkibidagi tinish belgilarining statistik tahlili ularning taqsimoti kuchli nomutanosib ekanini ko‘rsatdi, bu esa sof neyron model uchun qo‘shimcha mexanizmlar zarurligini ko‘rsatadi. 1-rasmda datasetning statistikasi keltirilgan

1-jadval.

Datasetning satistika jadvali.

№	Belgilar nomi	soni
1	So‘zlar soni	122 161 579
2	Gaplar soni	8 196 343
3	Vergullar soni	7 752 610
4	Nuqtalar soni	8 283 883
5	So‘roq belgilar soni	265 449

ISSN 3030-3907

6	Undov belgilar soni	249 576
7	Ikki nuqtalar soni	1 128 044
8	Nuqtali vergullar soni	219 920
9	Ko‘p nuqtalar soni	144 755
10	Qavs belgilari soni	3 730 689
11	Qo‘shtirnoq belgilari soni	1 799 606
12	Tire belgilari soni	805 807
13	Umumiy tinish belgilari soni	24 380 339

3.2. Oldindan qayta ishlash

Matnlar Unicode normalizatsiyasidan o‘tkazildi, o‘zbek tiliga xos maxsus belgilar birxillashtirildi va so‘z darajasida tokenlashtirildi. Gap chegaralari aniqlanib, tinish belgilaridan tozalangan xom matn modelga kirish sifatida tayyorlandi.

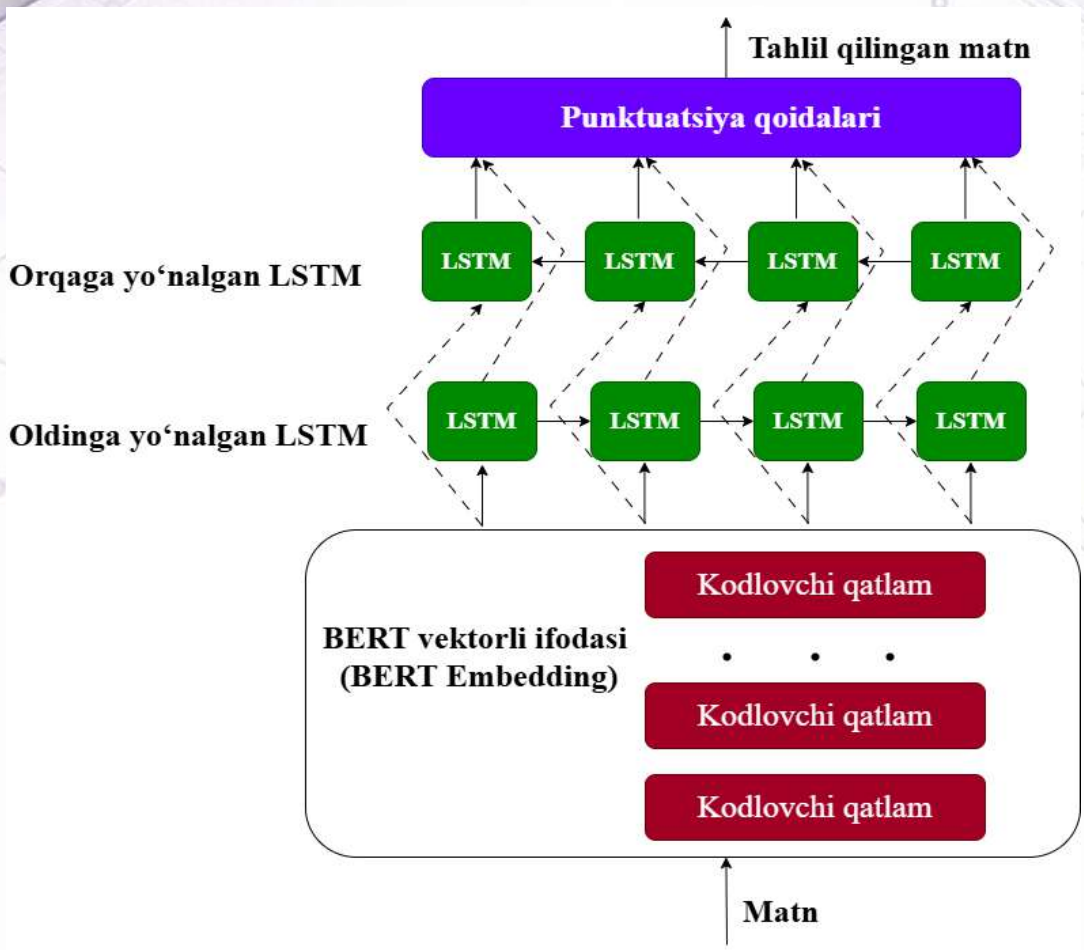
3.3. Teglash va formatlash

Har bir token uchun tinish belgilariga mos yorliqlar tayinlandi. Belgilar to‘plamiga nuqta, vergul, so‘roq, undov, ikki nuqta, nuqtali vergul, ko‘p nuqta, tire, qavs va qo‘shtirnoq kiritildi. Ma’lumotlar CoNLL formatida saqlanib, 80/10/10 nisbatda trening, validatsiya va test to‘plamlariga bo‘lindi.

3.4. Neyron model arxitekturasi

Punktuatsiyani tiklash vazifasi ketma-ket yorliqlash muammosi sifatida ko‘rib chiqildi. Asosiy model sifatida o‘zbek tiliga moslashtirilgan BERT modeli tanlandi. BERT tomonidan hosil qilingan kontekstual embeddinglar ikki yo‘nalishli LSTM qatlamiga uzatilib, tokenlar orasidagi uzoq masofali bog‘liqliklar modellashtirildi. Yakuniy bosqichda to‘liq bog‘langan qatlam yordamida har bir token uchun tinish belgisi bashorat qilindi.

ISSN 3030-3907

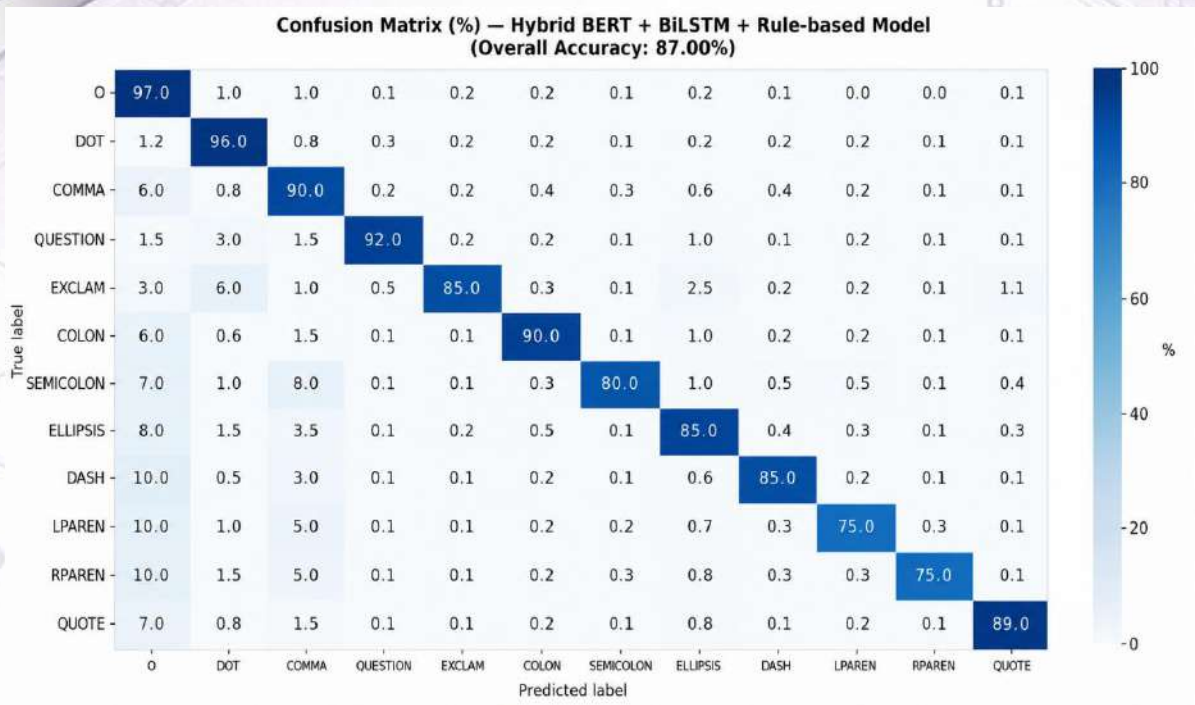


1-rasm. BERTbek+ BiLSTM+Qoida arxitekturasi

3.5. Qoida asosli post-processing (Gibrid bosqich)

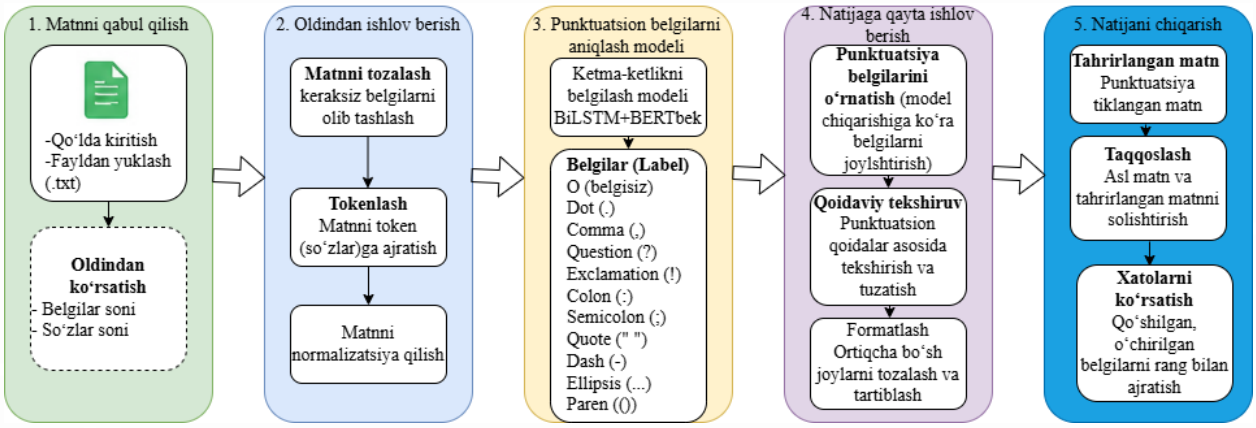
Model chiqishlari qoida asosli post-processing bosqichida qayta ishlandi. Ushbu bosqichda o‘zbek tilining normativ qoidalariga asoslangan holda muallif gapi konstruktsiyalarida tire qo‘yish, izohlovchi va rasmiy iboralardan keyin ikki nuqta ishlatish, kirish so‘zlari bilan bog‘liq vergul qoidalari hamda gap boshida bosh harf bilan yozish kabi holatlar amalga oshirildi. Ushbu bosqich ayniqsa kam uchraydigan tinish belgilarining aniqligini sezilarli darajada oshirdi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. BERTbek+ BiLSTM +Qoida modelining chalkashlik matritsasi.

3.6. O‘zbek tili matnlarida tinish belgilarini avtomatik tahlil qilish dasturiy majmuasining funksional sxemasi.



3-rasm. O‘zbek tili matnlarida tinish belgilarini avtomatik tahlil qilish dasturiy majmuasining funksional sxemasi

3-rasmda o‘zbek tili matnlarida tinish belgilarini avtomatik tiklash tizimining funksional sxemasi keltirilgan. Taklif etilayotgan tizim beshta asosiy bosqichdan iborat bo‘lib, ular matnni qabul qilish, oldindan ishlov berish, punktuatsion belgilarni aniqlash, natijaga qayta ishlov berish va yakuniy natijani chiqarish jarayonlarini o‘z ichiga oladi.

Birinchi bosqich – matnni qabul qilish bosqichi hisoblanadi. Ushbu bosqichda foydalanuvchi matnni tizimga qo‘lda kiritishi yoki matnli fayl (.txt) ko‘rinishida yuklashi mumkin. Shuningdek, dastlabki tahlil sifatida matndagi so‘zlar soni va mavjud belgilar soni aniqlanib, foydalanuvchiga ko‘rsatiladi.

Ikkinchi bosqich – oldindan ishlov berish bosqichidir. Bu bosqichda matn tarkibidagi keraksiz belgilar va shovqinli ma’lumotlar olib tashlanadi. Keyinchalik

ISSN 3030-3907

matn tokenlash jarayonidan o‘tkazilib, alohida so‘zlar yoki tokenlarga ajratiladi. So‘ngra matn normallashtiriladi, ya’ni harflarning yagona shaklga keltirilishi, ortiqcha bo‘sh joylarning bartaraf etilishi va boshqa standartlashtirish amallari bajariladi.

Uchinchi bosqich – punktuatsion belgilarni aniqlash modeli hisoblanadi. Ushbu bosqich tizimning asosiy intellektual qismi bo‘lib, ketma-ketlikni belgilash (sequence labeling) usuliga asoslangan BiLSTM+BERTbek modelidan foydalaniladi. Model har bir token uchun tegishli punktuatsion yorliqni bashorat qiladi. Yorliqlar to‘plamiga belgisiz holat (O), nuqta (.), vergul (,), so‘roq belgisi (?), undov belgisi (!), ikki nuqta (:), nuqtali vergul (;), qo‘shtirnoq (" "), tire (-), ko‘p nuqta (...) va qavs () kabi belgilar kiradi.

To‘rtinchi bosqich – natijaga qayta ishlov berish bosqichi hisoblanadi. Bu bosqichda model tomonidan bashorat qilingan punktuatsion belgilar matnga joylashtiriladi. Shundan so‘ng punktuatsiya qoidalari asosida qo‘shimcha tekshiruv amalga oshirilib, ehtimoliy xatolar tuzatiladi. Yakunda formatlash ishlari bajarilib, ortiqcha bo‘sh joylar olib tashlanadi hamda matnning umumiy ko‘rinishi tartibga keltiriladi.

Beshinchi bosqich – natijani chiqarish bosqichidir. Ushbu bosqichda punktuatsiyasi tiklangan matn foydalanuvchiga taqdim etiladi. Agar etalon matn mavjud bo‘lsa, tiklangan matn bilan asl matn taqqoslanadi. Natijada qo‘shilgan yoki noto‘g‘ri qo‘yilgan punktuatsion belgilar aniqlanib, ular rangli ko‘rinishda ajratib ko‘rsatiladi. Bu esa modelning ishlash sifatini baholash hamda xatolarni tahlil qilish imkonini beradi.

Taklif etilgan funksional sxema o‘zbek tili matnlarida punktuatsion belgilarni avtomatik tiklash jarayonini to‘liq qamrab oladi va zamonaviy chuqur o‘rganish modellaridan foydalanish orqali yuqori aniqlikdagi natijalarga erishishni ta’minlaydi.

4. XULOSA VA TAKLIFLAR.

XULOSA.

Ushbu tadqiqotda o‘zbek tilidagi matnlarda tinish belgilarini avtomatik tiklash masalasi uchun gibrid yondashuv taklif etildi. Taklif etilgan model kontekstual til modeli (BERT), ketma-ketlikni modellashtiruvchi BiLSTM va lingvistik qoidalar asosidagi post-processing mexanizmini o‘zida mujassamlashtiradi. Mazkur kombinatsiya neyron modellarining statistik imkoniyatlari bilan qoida asosidagi yondashuvlarning aniqligini birlashtirishga xizmat qildi.

Katta hajmdagi real o‘zbek matnlari asosida tayyorlangan va CONLL formatida belgilangan datasetda olib borilgan tajribalar natijasida, taklif etilgan gibrid model taxminan 87% Macro-F1 ko‘rsatkichga erishdi. Confusion matrix

ISSN 3030-3907

tahlili shuni ko‘rsatdiki, nuqta, vergul va so‘roq belgisi kabi yuqori chastotali tinish belgilarida model juda yuqori aniqlik namoyish etgan. Shu bilan birga, ikki nuqta, qo‘shtirnoq va qavs belgilarida qoida asosidagi komponent muhim rol o‘ynab, sof neyron yondashuvda kuzatiladigan xatolarni sezilarli darajada kamaytirdi.

Ellipsis va tire kabi kam uchraydigan hamda kontekstga kuchli bog‘liq bo‘lgan belgilar hanuz murakkab bo‘lib qolayotgan bo‘lsa-da, ularning xatolari tilning o‘ziga xos semantik va pragmatik noaniqliklari bilan izohlanadi. Umuman olganda, natijalar gibrid yondashuvning o‘zbek tili uchun tinish belgilarini tiklash vazifasida barqaror, izohlanadigan va amaliy jihatdan samarali ekanini tasdiqladi.

TAKLIFLAR.

O‘tkazilgan tadqiqot natijalari asosida quyidagi yo‘nalishlarda ishlarni davom ettirish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi:

1. Diskursiv va pragmatik xususiyatlarni hisobga olish ellipsis va tire kabi belgilarni aniqlashda gaplararo bog‘lanish va matn darajasidagi kontekstni modellashtiruvchi mexanizmlarni (masalan, document-level transformerlar) joriy etish tavsiya etiladi.

2. Qoida tizimini kengaytirish va moslashuvchan qilish Hozirgi qoida to‘plamini statistik kuzatuvlarga asoslangan holda avtomatik kengaytirish yoki moslashuvchan (learnable rules) mexanizmlar bilan boyitish mumkin.

3. Ko‘p janrli korpuslardan foydalanish modelni badiiy, publitsistik va ijtimoiy tarmoqlardagi matnlar bilan qo‘shimcha o‘qitish uning umumlashuv qobiliyatini oshiradi.

4. Amaliy integratsiya ishlab chiqilgan modelni matn muharrirlari (masalan, Word add-in), veb-ilovalar yoki mobil platformalarga integratsiya qilish o‘zbek tilida avtomatik matn tahriri vositalarini rivojlantirishga xizmat qiladi.

5. Ochiq resurs sifatida taqdim etish dataset, model arxitekturasi va qoidalar to‘plamini ochiq manba sifatida taqdim etish o‘zbek NLP tadqiqotlarini jadallashtirishga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

REFERENCES

1. O. Guhr, A.-K. Schumann, F. Bahrmann, H.-J. Böhme, “FullStop: Multilingual Deep Models for Punctuation Prediction,” *Proceedings of the SEPP-NLG Shared Task*, 2021.

2. M. S. Sharipov, H. S. Adinaev, E. R. Kuriyozov, “Rule-Based Punctuation Algorithm for the Uzbek Language,” 2024.

3. O. Attia et al., “Automatic Spelling and Punctuation Correction for Arabic,” *Computational Linguistics*, 2014.

4. M. Sharipov, H. Adinaev, O. Sobirov, “Bidirectional LSTM-CRF Models for Punctuation Restoration in Uzbek Texts,” *IEEE UBMK*, 2025.

ISSN 3030-3907

5. J. Salimbajevs, “Automatic Punctuation Restoration Using Bidirectional LSTM Models,” *IOS Press*, 2018.
6. H. S. Adinaev, “The mBERT Model for Restoring Punctuation in Uzbek-Language Texts,” *European Science Review*, 2025.
7. V. Shymkovych et al., “Joint Punctuation Restoration and Text Capitalisation with a Hybrid XLM-RoBERTa–LSTM Model,” *IEEE IDAACS*, 2025.
8. X. Zhu et al., “Resolving Transcription Ambiguity in Spanish: A Hybrid Acoustic-Lexical System for Punctuation Restoration,” *ACL Workshop*, 2024.
9. J. Qiu et al., “Punctuation-aware Hybrid Trainable Sparse Attention for Large Language Models,” *arXiv:2601.02819*, 2026.

ISSN 3030-3907

УДК 538.911:958.971

АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЗОЛЫ БИОМАССЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УСТОЙЧИВЫХ УДОБРЕНИЙ

Н.Шарипов
Ферганский государственный технический университет
E-mail: sharipovnodirbek1998@gmail.com
З.К. Дехканов
Ферганский государственный технический университет
Г.Норматов
Наманганский филиал Медицинского института «Импульс» Республики Узбекистан
ORCID: 0009-0001-4069-0005

Abstract. В данной статье анализируются физико-химические показатели золы отходов биомассы, включая ее химический состав, минеральные компоненты и агрохимические свойства. Наличие в золе биомассы калия, кальция, фосфора, магния и других элементов, важных для питания растений, указывает на то, что ее можно рассматривать как ценное вторичное сырье. По результатам исследования обоснованы перспективы производства экологически безопасных и экономически эффективных минеральных удобрений на основе переработки данной золы. Полученные результаты имеют большое значение для эффективного использования сельскохозяйственных отходов, ресурсосбережения и повышения плодородия почвы.

Ключевые слова: отходы биомассы, зола, физико-химические показатели, химический состав, минеральные элементы, вторичное сырье, минеральное удобрение.

Annotatsiya. Ushbu maqolada biomassa chiqindilari kullarining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari, jumladan kimyoviy tarkibi, mineral komponentlari hamda agrokimyoviy xossalari tahlil qilingan. Biomassa kullari tarkibida o‘simliklar oziqlanishi uchun muhim bo‘lgan kaliy, kalsiy, fosfor, magniy va boshqa elementlarning mavjudligi ularni qimmatli ikkilamchi xomashyo sifatida baholash imkonini beradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ushbu kullarni qayta ishlash asosida ekologik xavfsiz va iqtisodiy samarador mineral o‘g‘itlar ishlab chiqarish istiqbollari asoslab berilgan. Olingan natijalar qishloq xo‘jaligi chiqindilaridan samarali foydalanish, resurslarni tejash va tuproq unumdorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: biomassa chiqindilari, kul, fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar, kimyoviy tarkib, mineral elementlar, ikkilamchi xomashyo, mineral o‘g‘it.

Abstract. This article analyzes the physicochemical characteristics of biomass waste ashes, including their chemical composition, mineral components, and agrochemical properties. The presence of potassium, calcium, phosphorus, magnesium, and other elements important for plant nutrition in biomass ashes indicates that they can be evaluated as valuable secondary raw materials. According to the study's results, the prospects for producing environmentally safe and economically efficient mineral fertilizers from the processing of these ashes are substantiated. The results obtained are of great importance for the effective use of agricultural waste, resource conservation, and increased soil fertility.

Keywords: biomass waste, ash, physicochemical parameters, chemical composition, mineral elements, secondary raw materials, mineral fertilizer.

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время на глобальном уровне одной из актуальных экологических и экономических проблем является эффективная переработка биомассовых отходов, образующихся в результате сельскохозяйственной и промышленной деятельности. Рост численности населения, увеличение спроса на продовольственные продукты, а также интенсивное использование земельных ресурсов усиливают необходимость обеспечения высокой урожайности в сельском хозяйстве. В этом контексте важное значение приобретает рациональное использование минеральных удобрений. В то же время высокая энергоёмкость и экологическая нагрузка традиционного производства удобрений обуславливают необходимость поиска альтернативных источников сырья.

Биомассовые отходы, включая солому, стебли, оболочки, листья, кожуру плодов и другие органические остатки, при сжигании образуют золу, содержащую калий, кальций, фосфор, магний, железо и другие полезные элементы. Данные компоненты являются необходимыми питательными веществами для роста и развития растений. В связи с этим биомассовая зола рассматривается не только как отход, но и как ценный вторичный ресурс. В настоящее время проводится множество научных исследований, направленных на изучение физико-химических характеристик биомассовой золы, её состава и возможностей применения в сельском хозяйстве. Особенно важно использование данной золы в производстве минеральных удобрений с точки зрения обеспечения экологической устойчивости, сокращения объёмов отходов и эффективного использования ресурсов. Целью данного исследования является анализ физико-химических показателей золы биомассовых отходов, определение полезных минеральных компонентов в её составе, а также оценка её потенциала для производства минеральных удобрений. Результаты исследования могут служить научной основой для

ISSN 3030-3907

создания инновационных и экологически безопасных видов удобрений в сельском хозяйстве [1–3].

Анализ образующихся отходов

В сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе в процессе переработки выращенной продукции образуется значительное количество органических отходов. Эти отходы различаются по составу, количеству и физико-химическим свойствам, однако основную их часть составляет лигноцеллюлозная биомасса. Правильное управление и переработка данных отходов позволяет не только снизить экологическую нагрузку, но и повысить экономическую эффективность.

Сельскохозяйственные отходы условно можно разделить на несколько групп:

1. Растительные остатки – солома зерновых культур, стебли кукурузы, стебли хлопчатника, стебли подсолнечника, шелуха риса, остатки фруктов и овощей, листья и ветви деревьев. Данная группа составляет наибольшую долю отходов и является важным сырьём для получения золы.

2. Отходы перерабатывающих предприятий – линт и кожура на хлопкоочистительных предприятиях, шрот и шелуха в масложировой промышленности, рисовая шелуха при очистке риса, кожура и пресс-остатки при переработке фруктов и овощей.

3. Отходы животноводства – навоз, отходы птицеводства, остатки кормов и другие органические отходы. Они в основном используются как органические удобрения, однако в отдельных случаях после сушки и сжигания также могут служить источником золы.

Согласно статистическим данным, на каждую тонну сельскохозяйственной продукции приходится в среднем 1,2–2,5 тонны биомассовых отходов. Например, при получении 1 тонны пшеницы образуется 1,3–1,5 тонны соломы, при производстве 1 тонны риса — 0,2–0,3 тонны шелухи, а при переработке 1 тонны хлопка-сырца — до 2 тонн стеблей и других остатков.

Данные отходы часто сжигаются на открытых площадках или просто выбрасываются. В результате в атмосферу выделяются углекислый газ, пыль и другие вредные вещества, снижается биологическая активность почвы и оказывается негативное воздействие на окружающую среду. Поэтому их использование в энергетических целях с последующим применением золы в качестве минерального удобрения является важным научно-практическим направлением [4–6].

Анализ биомассовых отходов показывает, что они содержат значительное количество минеральных веществ, а в золе после сжигания

ISSN 3030-3907

особенно высоко содержание калия, кальция, фосфора и магния. Таким образом, комплексное использование сельскохозяйственных отходов позволяет одновременно получать энергию, сокращать объёмы отходов и производить удобрения.

2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ.

2.1. Объекты исследования и подготовка образцов золы

Для исследования были отобраны образцы биомассы, полученные из таких видов сырья, как стебли томата, сосновые шишки, древесная стружка, стебли хлопчатника и стебли подсолнечника. Примеси, содержащиеся в образцах (почва, песок, камни и металлические включения), были удалены механическим способом.

Стеклянная посуда для анализа была стерилизована и высушена при температуре 150–160°C в течение 2 часов. Образцы были доведены до постоянной массы. Высушенное сырьё измельчалось до порошкообразного состояния и подвергалось озолению в предварительно очищенном кварцевом тигле, прокалённом при 550°C до достижения постоянной массы.

Около 5 г измельчённого образца помещали в кварцевый тигель и прокаливали в муфельной печи при температуре 450–550°C до прекращения выделения дыма. Затем тигель охлаждали и доводили до комнатной температуры в эксикаторе.

Полученные образцы золы просеивали через сито с размером ячеек 100–200 мм и доводили до однородного мелкодисперсного порошкообразного состояния.

Согласно статистическим данным, на каждую тонну сельскохозяйственной продукции в среднем приходится 1,2–2,5 тонны биомассовых отходов. В частности, при получении 1 тонны пшеницы образуется 1,3–1,5 тонны соломы, при производстве 1 тонны риса — 0,2–0,3 тонны шелухи, а при переработке 1 тонны хлопка-сырца — до 2 тонн стеблей и других остатков.

2.2. Физико-химическая характеристика образцов золы

Физико-химические свойства веществ являются одним из ключевых параметров при оценке возможностей их практического применения. Физико-химический анализ включал следующие показатели: физическое состояние, цвет, потеря массы при высушивании по стандартной методике, общее содержание золы, растворимость в воде, спирте и кислотах, а также значение pH среды.

Исследуемые образцы золы представляли собой мелкодисперсный порошок, цвет которого в зависимости от вида исходного сырья варьировал от серовато-белого до тёмно-серого или чёрного.

ISSN 3030-3907

Значения pH всех образцов золы были определены путем приготовления суспензии зола–вода (1:10, м/об.). Значение pH суспензии измеряли с использованием предварительно откалиброванного цифрового pH-метра.

2.3. Определение химического состава образцов золы

Элементный и оксидный состав образцов золы определяли с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра Rigaku NEX CG (Japan). Анализ проводили на основе метода фундаментальных параметров (FP, Fundamental Parameters) с применением коррекции рассеяния (Scatter correction).

Данный метод обеспечивает высокоточную количественную оценку даже следовых концентраций элементов в образцах с использованием предела обнаружения (LLD, Lower Limit of Detection). Для каждого образца проводили три повторных измерения, а результаты фиксировали в виде массовых долей (мас. %).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

3.1. Анализ содержания золы

Результаты, полученные при переработке отходов биомассы и получении из них минеральных удобрений, показывают, что содержание минеральных элементов, эффективность переработки и показатели экономической эффективности для различных видов биомассы различаются.

Согласно результатам исследования, наибольшее содержание золы наблюдалось в золе стеблей томатов и составило 9,21%, что указывает на то, что данное сырье сильно обогащено минеральными веществами. Значительно высокий выход золы (21,9%) был также зафиксирован для золы стеблей подсолнечника, что подтверждает ее ценность как агрохимически ценного сырья.

Содержание золы в золе стеблей хлопчатника составило 7,65%, что указывает на умеренное значение в изученном диапазоне. Для образцов сосновой шишки и смешанной древесины содержание золы составило 4,43% и 4,35% соответственно. Более низкие значения золы в этих образцах можно объяснить более высокой долей органических компонентов в их структуре.

В целом, изменение содержания золы от 4,35% до 21,9% указывает на различное минеральное обогащение исследуемых образцов растительной биомассы. Образцы с высоким содержанием золы являются перспективными источниками минеральных добавок для повышения плодородия почвы и снижения её кислотности.

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Физико-химические характеристики и растворимость исследуемых образцов золы биомассы

Источник золы	Физическое состояние	Цветность	Щелочность	Потери при высушивании (мас.%)	Содержание золы (мас. %)	pH водного экстракта	Водорастворимая зола (мас. %)	Водонерастворимая зола (мас. %)
Стебли томатов	Мелкий порошок	Серый	Щелочной	0.37 ±0.05	9.21	9.4	60	40
Сосновые шишки	Мелкий порошок	Серовatый	Щелочной	0.39 ±0.05	4.43	9	36	64
Зола смешанных древесных пород	Мелкий порошок	черноватый	Щелочной	0.94 ±0.05	4.35	8.9	45	55
Стебель Хлопчатника	Мелкий порошок	Серый	Щелочной	0.37 ±0.05	7.65	9.8	65	35
Стебли подсолнечника	Мелкий порошок	Серый	Щелочной	0.35 ±0.05	21.9	9.9	75	25

3.2. Химический (элементный и оксидный) состав образцов золы

Элементный состав золы биомассы был определён методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF), а полученные результаты показали наличие как основных, так и следовых элементов в составе золы (таблица 2). Согласно полученным данным, химический состав образцов золы существенно варьирует в зависимости от вида биомассы. Во всех образцах

ISSN 3030-3907

основными компонентами являются Ca, K, Si и Na, что подтверждает щелочной характер исследуемой золы. В золе стеблей томата содержание кальция оказалось наибольшим и составило 20.70 ± 0.50 мас.%, что указывает на её потенциальную эффективность в снижении кислотности почвы. Аналогично, образцы золы стеблей хлопчатника и подсолнечника также характеризуются высоким содержанием кальция.

Таблица 2.

Элементные концентрации в различных образцах золы биомассы, определённые методом XRF (мас. %, среднее ± SD, n = 3)

Группа элементов	Элемент	Зола стеблей томата	Зола сосновых шишек	Зола смешанной древесины	Зола стеблей хлопчатника	Зола стеблей подсолнечника
Основные элементы	K	3.12±0.02	5.967±0.008	5.693±0.008	20.30±0.10	28.96±0.08
	Ca	20.70±0.50	17.29±0.07	13.98±0.15	17.90±0.10	17.29±0.07
	Na	14.25±0.07	-	7.167±0.007	6.48±0.01	9.57±0.07
	Mg	7.88±0.15	2.868±0.006	4.426±0.009	3.984±0.006	4.306±0.009
	Si	2.64±0.01	9.66±0.09	9.52±0.05	3.024±0.005	1.482±0.007
	P	0.77±0.01	1.039±0.004	0.620±0.004	2.305±0.004	0.684±0.007
	S	4.45±0.08	4.71±0.06	2.096±0.004	2.912±0.004	1.444±0.004
	Cl	10.90±0.10	0.401±0.001	2.64±0.01	3.98±0.01	9.02±0.01
Микроэлементы	Al	0.99±0.01	3.208±0.005	3.139±0.005	-	0.708±0.008
	Fe	0.292±0.007	2.646±0.007	2.170±0.007	0.728±0.007	0.161±0.007
	Mn	0.029±0.001	0.069±0.001	0.052±0.001	0.028±0.001	0.013±0.001

ISSN 3030-3907

	Zn	0.016 ± 0.001	0.053± 0.001	0.041± 0.001	0.017± 0.001	0.014±0.001
	Sr	0.205 ± 0.001	0.0623 ± 0.0001	0.126± 0.001	0.139± 0.001	0.223±0.001
Следовые элементы	Прочие элементы *	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

** Прочие элементы: Ti, V, Cr, Ni, Cu, Ga, As, Rb, Zr, Ba, Pb, etc.*

Содержание калия (K) оказалось наибольшим в золе подсолнечника (28.96 ± 0.08 мас.%), что позволяет рассматривать данный образец как перспективный ресурс для получения калийсодержащих минеральных удобрений. В золе стеблей хлопчатника также наблюдается относительно высокое содержание калия (20.30 ± 0.10 мас.%), что свидетельствует о его значительной роли в питании растений. В отличие от этого, в золе стеблей томата содержание калия было ниже, при этом преобладало содержание кальция.

Содержание кремния (Si) было особенно высоким в золе сосновых шишек и золе смешанной древесины (9.66 ± 0.09 – 9.52 ± 0.05 мас.%), что объясняется наличием кремнийсодержащих структурных компонентов в данных видах биомассы. Высокая доля Si может способствовать повышению механической и технологической стабильности золы.

Содержание магния (Mg) во всех образцах находилось на среднем уровне, при этом несколько более высокие значения были зафиксированы в золе стеблей томата и золе смешанной древесины. Данный элемент является важным фактором, повышающим агрохимическую ценность золы как минерального удобрения.

Элементы фосфор (P) и сера (S) присутствовали во всех образцах, что указывает на наличие фосфатных и сульфатных соединений в составе золы. Особенно высокое содержание фосфора в золе стеблей хлопчатника и сосновых шишек свидетельствует о возможности их использования для получения фосфорных удобрений.

Из микроэлементов железо (Fe), цинк (Zn), стронций (Sr) и рубидий (Rb) были обнаружены в незначительных количествах во всех образцах, что повышает экологическую и микроэлементную ценность золы. В частности, наличие Fe и Zn позволяет рассматривать данные материалы как

ISSN 3030-3907

агрохимические добавки, обогащённые микроэлементами. В целом, результаты XRF-анализа показали, что исследуемые биомассовые золы характеризуются богатым и разнообразным химическим составом, что создаёт научную основу для их применения в агрохимических, мелиоративных и технологических направлениях.

На основе XRF-анализа был определён химический состав золы стеблей томата, сосновых шишек, смешанной древесины, стеблей хлопчатника и подсолнечника, а также оценено содержание основных оксидов в массовых процентах. Полученные результаты показали значительные различия в составе золы в зависимости от вида биомассы (таблица 3).

Таблица 3.

Химический оксидный состав исследуемых биомассовых зол, определённый методом XRF (мас. %, среднее ± SD, n = 3)

Оксиды	Зола стеблей томата	Зола сосновых шишек	Зола смешанной древесины	Зола стеблей хлопчатника	Зола стеблей подсолнечника
CaO	29.0 ±0.7	24.2±0.1	19.6±0.2	25.20±0.15	24.2±0.1
K_2O	3.76± 0.02	7.19±0.01	6.86±0.01	24.47±0.15	34.9±0.1
SiO_2	5.66± 0.04	20.7±0.2	20.4±0.1	6.48±0.01	3.18±0.02
MgO	13.14± 0.25	4.78±0.01	7.38±0.02	6.64±0.01	7.18±0.02
P_2O_5	1.76± 0.03	2.38±0.01	1.42±0.01	5.28±0.01	1.57±0.02
SO_3	11.1±0.2	11.80± 0.15	5.24±0.01	7.28±0.01	3.61±0.01
Na_2O	19.2±0.1	-	9.66±0.01	8.73±0.02	12.9±0.1
Al_2O_3	1.87± 0.02	6.06±0.01	5.93±0.01	-	1.34±0.02
Fe_2O_3	0.417± 0.001	3.78±0.01	3.11±0.01	1.04±0.01	0.23±0.01

Результаты исследования показали, что во всех образцах золы были идентифицированы оксиды CaO, K_2O, SiO_2, MgO, P_2O_5, SO_3 и Na_2O, соотношение которых определяет физико-химические и прикладные свойства золы.

ISSN 3030-3907

Оксид кальция (CaO) является одним из основных компонентов во всех исследованных образцах, при этом его максимальное содержание было зафиксировано в золе стеблей томата (0.7 мас.%). Кроме того, высокое содержание CaO наблюдалось в золе стеблей хлопчатника (25.20±0.15 мас.%), сосновых шишек и подсолнечника (24.2±0.1 мас.%), что подтверждает щелочной характер данных образцов и их потенциальную эффективность в снижении кислотности почв. Зола смешанной древесины характеризовалась относительно более низким содержанием CaO (19.6±0.2 мас.%).

Содержание оксида калия (K_2O) оказалось наибольшим в золе подсолнечника (34.9±0.1 мас.%), что позволяет рассматривать данный образец как калийсодержащий агрохимический материал. В золе стеблей хлопчатника также наблюдалось высокое содержание K_2O (24.47±0.15 мас.%), что подтверждает его значимость для питания растений. В золе стеблей томата содержание K_2O было относительно низким (3.76±0.02 мас.%), что указывает на преобладание кальцийсодержащих соединений в её составе.

Диоксид кремния (SiO_2) в основном присутствовал в высоких концентрациях в золе сосновых шишек (20.7±0.2 мас.%) и смешанной древесины (20.4±0.1 мас.%). Это объясняется наличием кремнийсодержащих структурных компонентов в данных видах биомассы. Высокая доля SiO_2 может повышать механическую стабильность золы и расширять её технологическое применение.

Оксид магния (MgO) достиг максимального значения в золе стеблей томата (13.14±0.25 мас.%), что свидетельствует о её высокой агрохимической ценности как источника макроэлементов для растений. В остальных образцах содержание MgO варьировало в диапазоне 4.78±0.01–7.38±0.02 мас.%, подтверждая их минеральную ценность.

Содержание фосфорного ангидрида (P_2O_5) было наибольшим в золе стеблей хлопчатника (5.28±0.01 мас.%), что указывает на её потенциал для использования в производстве фосфорных удобрений. В других образцах содержание P_2O_5 находилось в диапазоне 1.42 ± 0.01 – 2.38 ± 0.01 мас.%.

Оксид серы (SO_3) был зафиксирован в высоких концентрациях в золе стеблей томата (11.1±0.2 мас.%) и сосновых шишек (11.80±0.15 мас.%). Его присутствие указывает на наличие сульфатных соединений, что требует учёта их влияния на почвенную химию.

Оксид натрия (Na_2O) был обнаружен в значительных количествах в золе стеблей томата (19.2±0.1 мас.%) и подсолнечника (12.9±0.1 мас.%), играя важную роль в повышении щелочности зольных растворов. В золе

ISSN 3030-3907

сосновых шишек Na_2O не был обнаружен, что объясняется особенностями исходного сырья.

Кроме того, оксид алюминия (Al_2O_3) и оксид железа (Fe_2O_3) были определены в низких и средних концентрациях. Содержание Al_2O_3 варьировало в диапазоне 1.34±0.02–6.06±0.01 мас.%, при этом максимальные значения наблюдались в золе сосновых шишек (6.06±0.01 мас.%) и смешанной древесины (5.93±0.01 мас.%). В золе стеблей томата и подсолнечника содержание Al_2O_3 было низким, а в некоторых образцах находилось ниже предела обнаружения (LLD).

В целом, результаты XRF-анализа подтверждают, что исследуемые биомассовые золы характеризуются богатым оксидным составом, что обосновывает их высокий потенциал для применения в агрохимических и технологических направлениях.

3.3. Возможности использования биомассовых отходов

Эффективное использование биомассовых отходов является одним из важнейших направлений обеспечения ресурсосбережения, экологической безопасности и экономической эффективности. Переработка органических отходов, образующихся в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и лесном хозяйстве, позволяет получать энергию, удобрения, кормовые добавки, строительные материалы и другие ценные продукты. Основные направления использования биомассовых отходов представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Виды биомассовых отходов и направления их использования

№	Вид биомассы	Источник	Технология переработки	Получаемый продукт	Состав золы	Область применения	Экологическая и экономическая эффективность
1	Солома пшеницы	Земледелие	Сжигание, брикетирование, компостирование	Биотопливо, зола, компост	K, Ca, Mg	Калийное удобрение, топливо	Снижение отходов, повышение урожайности
2	Рисовая шелуха	Земледелие	Сжигание, пиролиз	Зола, кремний,	SiO_2, K, P	Улучшение структуры почвы	Улучшение качества почвы

ISSN 3030-3907

				теплоэнергия			
3	Стебли хлопчатника	Хлопководство	Грануляция, сжигание	Энергия, зола	K_2O, CaO	Комплексное удобрение	Использование местных ресурсов
4	Стебли кукурузы	Земледелие	Анаэробное разложение, компостирование	Биогаз, биоудобрение	K, P, органическое вещество	Энергия, удобрение	Производство газа, снижение затрат
5	Кожура фруктов	Пищевая промышленность	Ферментации, компостирование	Биоэтанол, компост	Микроэлементы	Органическое удобрение	Повышение эффективности переработки
6	Древесная стружка	Деревообработка	Пеллетирование, сжигание	Пеллеты, тепловая энергия	Ca, K	Энергетика, удобрение	Экономия топлива
7	Навоз	Животноводство	Anaerobic preservation	Биогаз, биогумус	N, P, K	Органическое удобрение	Обезвреживание отходов
8	Птичий помёт	Птицеводство	Анаэробное консервирование	Зола, удобрение	P, Ca	Фосфорное удобрение	Повышение плодородия
9	Стебли подсолнечника	Масличные культуры	Сушка, сжигание	Зола, компост	K, Ca	Минеральное удобрение	Переработка отходов
10	Листья и ветви	Садоводство	Сжигание, компостирование	Зола, компост	Ca, Mg	Органоминеральное	Обеспечение экологичес

ISSN 3030-3907

						удобрение	кой чистоты
11	Остатки тростника и сена	Сельское хозяйство	Брикетирование, сжигание	Брикеты, теплоэнергия	K, Si	Топливо, удобрение	Дешёвый источник энергии
12	Овощные отходы	Пищевая отрасль	Ферментации, компостирование	Биогаз, компост	Органическое вещество	Удобрение	Снижение отходов

Комплексное использование биомассовых отходов позволяет получать энергию, биотопливо, компост, биогаз, а также минеральные удобрения. Данный процесс имеет важное значение для снижения объёмов отходов, рационального использования ресурсов и повышения эффективности сельского хозяйства [7–9].

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Производство минеральных удобрений на основе переработки отходов биомассы имеет важное значение для ресурсосбережения, сокращения объемов отходов и защиты окружающей среды. В ходе исследования было установлено, что содержание золы в изученных образцах биомассы варьируется от 4,35% до 21,9%. Наибольшее содержание золы было зафиксировано в стеблях подсолнечника (21,9%) и стеблях томата (9,21%). Анализ XRF подтвердил, что зола биомассы является ценным вторичным сырьем, богатым минеральными элементами. Основными компонентами во всех образцах являются Ca, K, Si и Na. Калий (K_2O): Зола подсолнечника отличается самым высоким содержанием калия (28,96 мас.% / 34,9 мас.%) и является ценным ресурсом для получения калийных удобрений. Зола стеблей хлопчатника также обладает высоким содержанием калия. Кальций (Ca/CaO): Зола стеблей томатов имеет высокое содержание кальция (20,70 мас.% / высокое содержание CaO) и магния (13,14 мас.% MgO), что делает её эффективным средством для нейтрализации кислотности почвы. Кремний (Si/SiO_2): Высокое содержание кремния отмечено в золе сосновой шишки и смешанной древесины (20,7 мас.% и 20,4 мас.% соответственно), что повышает технологическую ценность золы. Фосфор (P_2O_5): Зола стеблей хлопчатника показала наивысшее содержание фосфора (5,28 мас.%), что делает её перспективным сырьем для фосфорных удобрений.

ISSN 3030-3907

С агрономической точки зрения, умеренное применение золы биомассы позволяет улучшить агрохимические показатели почвы и повысить урожайность в среднем на 10–25%. Использование местного сырья снижает потребность в импортных минеральных удобрениях и полностью соответствует принципам зеленой экономики. В будущем целесообразно расширить научно-исследовательские работы по глубокой переработке золы биомассы, стандартизации её химического состава и созданию комплексных видов удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abbasov B.X., Yuldashev N.K. Qishloq xo‘jaligi chiqindilarini qayta ishlash va ulardan samarali foydalanish usullari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021. – 156 b.
2. Karimov Sh.R., Raximov A.A. Biomassa resurslaridan energiya va o‘g‘it olish texnologiyalari. // Kimyo va kimyo texnologiyasi. – 2022. – №4. – B. 45–52.
3. Tursunov O.T., Ismoilov S.M. Biomassa kullarining mineral tarkibi va agronomik ahamiyati. // Qishloq xo‘jaligi ilm-fani axborotnomasi. – 2023. – №2. – B. 66–72.
4. Nurmatov A.J., Xolmurodov F.B. Agro-sanoat chiqindilaridan kompleks foydalanish istiqbollari. – Samarqand: Zarafshon, 2020. – 184 b.
5. Demirbas A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. // Energy Conversion and Management. – 2001. – Vol. 42. – P. 1357–1378.
6. Vassilev S.V., Baxter D., Andersen L.K. An overview of the chemical composition of biomass. // Fuel. – 2010. – Vol. 89. – P. 913–933.
7. Pandey A., Bhaskar T., Stöcker M., Sukumaran R.K. Recent advances in thermochemical conversion of biomass. // Bioresource Technology. – 2015. – Vol. 178. – P. 162–176.
8. Jenkins B.M., Baxter L.L., Miles T.R. Combustion properties of biomass. // Fuel Processing Technology. – 1998. – Vol. 54. – P. 17–46.
9. FAO. Crop Residues Management with Conservation Agriculture. – Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. – 98 p.

ISSN 3030-3907

SENSORLI AXBOROT TIZIMLARIDA IMPULSLI UZATISH USULINI QO‘LLASHNING AMALIY QIRRALARI

Usmonali Iskandarov
Farg‘ana Davlat Texnika University, Telekommunikatsiya kafedrasi dotsenti.
E-mail: usmonaliiskandarov7@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada masofaviy sensor (lazerli), ko‘rinmas yorug‘lik nurli tizimlaridan foydalanish, axborot uzatishning impulsli rejimlari va ularning sxemalari ishlab chiqilgan o‘rganilgan. Jamlama sensor sifatida ishlatilgan. Turli jarayonlar amaliy o‘rganilgan va asosan sxemaning sensor xususiyatlari tahlil qilingan. Ishning asosiy jihati ko‘rinmas yorug‘lik diapazonidagi nurdan sensor tizimida foydalanishdir. Ko‘rinmas yoki infraqizil yorug‘likdan foydalanish tavsiya etilgan. Va ko‘rinadigan nurda sozlash ishlari olib borilib , so‘ng yorug‘likni ko‘rinmas nurga o‘tkazib nazorat olib borish (almashtirish) haqida gap boradi. Ishda qurilmaning tadqiq etilgan shovqin/signal sifatlari hamda xususiyatlari va munosabati berilgan. Nazariy tahlillardan so‘ng qurilmaning amaliy sxemasi sinovdan o‘tkazildi. Tizimning blok sxemasi ishlab chiqildi va ko‘p bosqichli kuchaytirgichli bloklar qo‘llanildi. Va signalni qayta ishlash bosqichlarida to‘xtab, haqiqiy ish bloki yig‘ildi. Uzatuvchi-qabul qiluvchi tizimlarning bajarilgan ishi bo‘yicha xulosalar ishlab chiqarildi. Sinov kuchlanishlarning ba'zilari olindi. Tizim qismlarining afzalliklari va kamchiliklari hisoblab chiqildi.

Kalit so‘zlar: generator, ochiq lazer, uzatuvchi, murakkab impedans, dinamik, qarshilik, sensor, ko‘rinmas to‘lqin, qabul qilish rejimi, ko‘rinmas nur, lazer rangi, tok, to‘g‘ridan-to‘g‘ri.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы использования дистанционного датчика (лазерного), систем невидимого светового излучения, импульсных режимов передачи информации и их схем. В качестве комбинированного датчика использовался. Были практически изучены различные процессы и в основном проанализированы сенсорные свойства схемы. Ключевым аспектом работы является использование света в невидимом диапазоне света в сенсорной системе. Рекомендуется использовать невидимый или инфракрасный свет. А речь идет о проведении регулировочных работ в видимом свете, а затем о контроле (замене) путем преобразования света в невидимый свет. В работе представлены исследованные шумовые/сигнальные характеристики и свойства устройства, а также их взаимосвязь. После теоретического анализа была испытана практическая схема устройства. Была разработана блок-схема системы и использованы многоступенчатые усилительные блоки. И, остановившись на этапах обработки сигнала, был собран настоящий рабочий блок. Сделаны

ISSN 3030-3907

выводы о проделанной работе систем передатчик-приемник. Были получены некоторые испытательные напряжения. Были рассчитаны преимущества и недостатки частей системы.

Ключевые слова: генератор, открытый лазер, передатчик, комплексный импеданс, динамик, сопротивление, датчик, невидимая волна, режим приема, невидимый луч, цвет лазера, ток, прямой.

Abstract. This article studies the use of remote sensors (laser), invisible light systems, pulse modes of information transmission, and their schemes. The sensor was used as a composite. Various processes are studied in practice and the sensor characteristics of the scheme are mainly analyzed. The main aspect of the work is the use of light from the invisible light range in the sensor system. It is recommended to use invisible or infrared light. And in visible light, adjustment work is carried out, and then control is carried out (switching) by passing light into invisible light. The work gives the studied noise/signal qualities and characteristics and attitude of the device. After theoretical analysis, the practical circuit of the device was tested. The block diagram of the system was developed and blocks with multi-stage amplifiers were used. The actual work unit was assembled, stopping at the signal processing stages. Conclusions were drawn on the work performed by the transmitter-receiver systems. Some of the test voltages were obtained. The advantages and disadvantages of the system components were calculated.

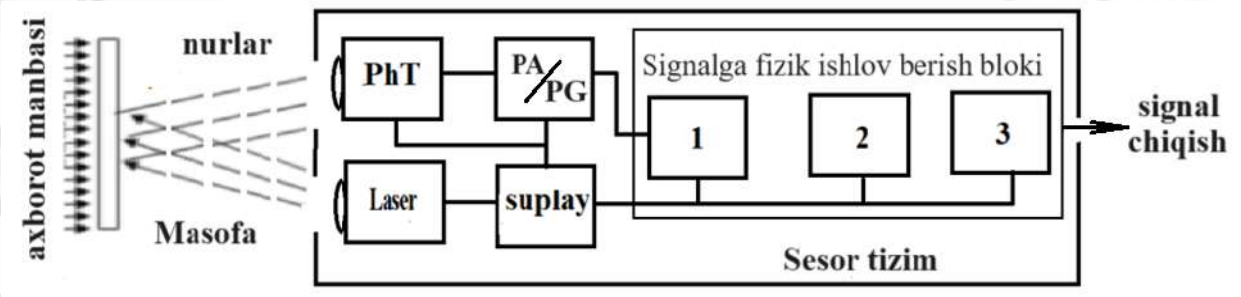
Keywords: generator, open laser, transmitter, complex impedance, dynamic, resistance, sensor, invisible wave, reception mode, invisible light, laser color, current, direct.

KIRISH.

Ushbu maqolada impulsli rejimda masofaviy akustik lazer mikrofonining sensor xususiyatlari o‘rganildi. Uzoqdan qabul qilingan axborot signali tovush yoki ovoz, ya'ni analog signaldir. Ishlab chiqilgan qurilma murakkab tizimdir. [1-6]. Manba tovushni yaratish bilan bir qatorda, uni qayta ishlash mumkin. Tizim o‘rta jarayonlar uchun mo‘ljallangan. Biroq, qayta ishlash bir nechta elektron bloklardan iborat. Ularning barchasi o‘z parametrlari va xususiyatlariga ega. Masofaviy akustik lazer mikrofonlari sensor funktsiyasini hal qilish uchun ishlatiladi. Masofaviy ma'lumotlar sensorlari muammosi qiziqarli yo‘nalishdir. Uzatuvchi qurilmalardan foydalanish mumkin. Chunki lazer mikrofon sensori tovush tahlilini amalga oshiradi. U, masalan, obyekt tovushini aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Ushbu turdagi aloqa uchun lazer yoki boshqa manbalar ishlatiladi [4-7]. Masalan, tizimlar uchun optik nurlanish orqali uzatiladigan tezlik mavjud va uning tezligi faqat axborotni qayta ishlash va mahalliy ma'lumotlardan masofadan kirish imkoniyati bilan cheklanadi. Ularning ishi rasmlarda ko‘rsatilgan. Lazer nurining nuri manbadan sensorga yoki reflektorga yo‘naltiriladi. Yoki yorug‘lik nuri yubora

ISSN 3030-3907

oladigan masofaviy akustik lazer mikrofon. yani sensor tizimi signal orqali obyekt tovushining ma'lumotlarini intensiv modulyatsiya qiladi. Keyin qabul qilgich tomonidan qabul qilingan signal qayta ishlash blokiga kelib tushadi. Reflektor tebranishlari yorug‘likni optik qabul qilgichga (fotosensitiv element) fotodiod yoki fototranzistorga beradi [7-6].



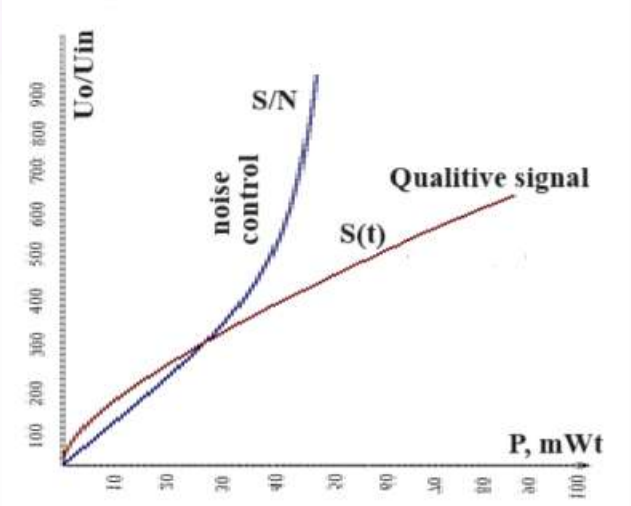
1-Rasm. Masofaviy sensor tizim tasviri.

Ma’lum masofadan axborot oluvchi bunday lazer sensorining umumiy printsiplari axborot tashuvchi tizim sifatida ishlatilishi mumkin, bu tizim va laser mikrofonlari aytarli bir xil ishlash usullarini qo‘llaydi.

MATERIALLAR VA USULLAR.

Masofaviy akustik lazer mikrofonlari masofaviy ma'lumotlarni qabul qiluvchi qurilmalarlar muammolarini hal qilishda keng qo‘llaniladi. Ularni asosan uzatishning yopiq tizimlari bo‘lmaganda ishlatish mumkin. Shunday qilib, ular simpleks yoki dupleks aloqa kanali aloqasini tashkil qilish imkonini beradi [1,2]. Chunki lazerli mikrofonlar sensori ociq aloqa tizimlaridir. Ular ob'ektdagi ovoz yoki harakatni aniqlash uchun ishlatilishi mumkin. Agar ma'lumotga qandaydir aks ettiruvchi signal qo‘shilsa, ushbu turdagi aloqa uchun boshqa potentsial tizimdan foydalanish mumkin. Masalan, inson yuragi uchun ob'ektning analog ma'lumotlari [6]. Bu signal manbalarining tebranishlari bo‘lishi mumkin. U ob'ektlarni kuzatish kabi vazifalarda ham qo‘llanilishi mumkin. Bunday tizimlarning afzalliklari tezlikdir (chunki axborot optik nurlanish orqali uzatiladi va uning tezligi yorug‘lik tezligiga yaqin va faqat ma'lumotni qayta ishlash tezligi va ma'lumot to‘plangan joydan masofadan kirish imkoniyati bilan cheklangan. Uning ishlash printsipi birinchi rasmda ko‘rsatilgan. Lazer nurining nuri manbadan sirtga yo‘naltiriladi (reflektor). Yoki laser nuri to‘g‘ridan-to‘g‘ri aks ettirilishi mumkin. Lazer nurining yuborilgan nuri manba tebranishida o‘zgaradi, shuning uchun qabul qiluvchi tomonidan qabul qilingan qaytarilgan yorug‘lik (aks ettirilgan) reflektorning tebranishlari paytida yorug‘lik yo‘nalishidagi o‘zgarishlar uning fototransistoridagi yorug‘lik potentsialida mos keladigan o‘zgarishlarga olib keladi (impedans) [2,4].

ISSN 3030-3907



2-rasm. S/N nisbatining signal sifatiga ta'siri

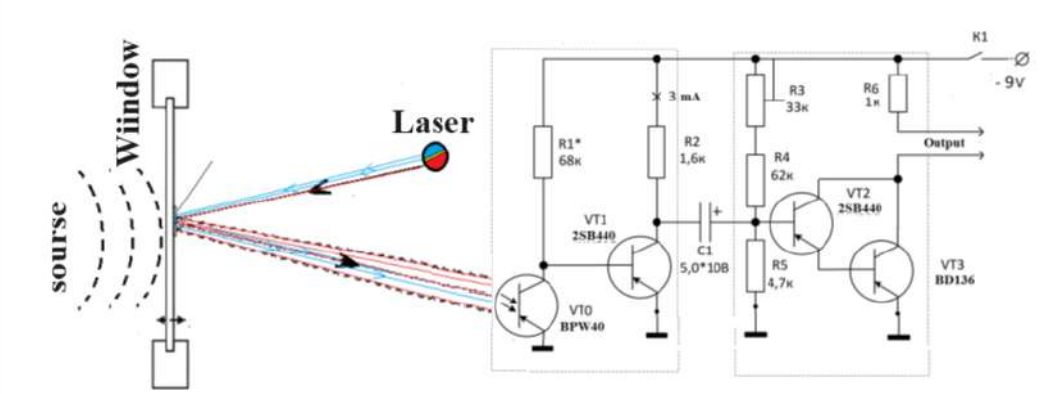
Ishning asosiy maqsadi yo‘qolgan signallar va murakkab kuchaytirishni qollashdir. Aerozol va molekulyar dispersiya tufayli optik signalning energiya yo‘qotilishi ochiq optik signallarning buzilishini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Modulyatsiya qilingan signal bilan U_k/U_{ch} nisbatining oshishi bilan signalning ortishi ko‘rsatilgan [3-4]. Shuningdek, kuchaytirgich tomonidan signalni qayta ishlash bilan signal/shovqin parametri signalning oshishiga ta'sir qiladi [1]. Ishonch bilan qabul qilish ma'lum bir tartibni belgilaydi, deyish mumkin [2-6]. Mualliflar uning maqolasida yoki ishida ishlatiladigan gibrid tizim haqida to‘xtalishdi. Ma'lumotlarni uzatish yoki qabul qilishning eng muhim tamoyillari mavjud.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

"Atmosfera optik aloqa liniyasining ishonchliligini hisoblash" manbasini o‘qish lazer nuriga ta'sirlarni hisoblashda amalga oshirilgan barcha tafsilotlarni tushunarli ravishda ochib bera oladi. Ishning asosiy amaliy ma'nosi muallifning monografiya asarida tasvirlangan [2.7]. Optoelektron fotokonvertorning ishlash printsipi va tuzilishiga oid ishlarga e'tibor qaratsak, u asarda chop etilgan ixtirolarni eng yaqin qurilmalarini o‘rganish jarayonida keltirilgan. Qabul qilish paytida samaradorlilik ko‘p jihatdan qabul qiluvchilarga va lazer nurining uzatilishiga bog‘liq bo‘ladi. U asl nusxadan, shuningdek, lazer nurining fokuslanishidan ham farqlarga ega bo‘lishi mumkin. Shuningdek, lazerlarning ko‘zga xavfi haqida gapirish mumkin. Nur inson tanasi, shu jumladan ko‘zi uchun o‘ta xavflidir [5]. O‘rnatilgan masofaviy akustik lazer mikrofoni ovozli yoki boshqa sensor signali ma'lumotlarini (elektr toki) sinov signali sifatida yuboradi. Ushbu ish asosida lazer manbalarining quvvatini 50 mVt dan ortiq oshirishning iloji yo‘qligini aniqlangan va xulosa qilingan, bu o‘ta xavflidir. Undan tashqari buzilishlar va boshqa shovqinlar mavjudligi sababli kuchaytirish koeffitsientini oshirmaydi. Ishning birinchi qismida ko‘rib chiqqanimizdek, bu holat raqamli ishlov berishni talab

ISSN 3030-3907

qiladi [4,7]. Masofaviy lazer mikrofoniga asoslangan sensorlarni ikki xil usul bilan tayyorlash mumkin. 1. Server (konvertor) sifatida qabul qilish uchun qabul qiluvchi; 2. O‘zgartirilgan signallarning kuchaytirgichlari qul sifatida [1-3]. Impulsli rejimidagi generator ishlatiladi. (1-rasm). Signalni o‘zgartirgich sifatida fotoelement (fototranzistor, sensor) dan foydalanadigan qurilma ishlatiladi, u 1-dastlabki qurilmaga o‘rnatiladi, u elektr signalini qabul qilish imkonini beradi. Buni 1-rasmdagitek namunada ko‘rish mumkin, shuning uchun bu qurilmaning sifat xususiyatlariga ta'sir qilishi mumkin. [2]. Bu uzoqdagi obyekt haqida ma'lumot olish uchun ham amal qiladi. Uzatuvchi nurni qabul qilish o‘qi bo‘ylab [2, 3]. O‘rnatish quvvat manbai, lazer, 1 kuchaytirish va qayta ishlovchi kaskad, 2 qayta ishlovchi kaskad, 3 quvvat qayta ishlovchi va elektr quvvat manbai va fotosensor (PhT) dan iborat. Atmosferada optik nurning tarqalishi paytida atmosfera tarkibi signallarga turlicha ta'sir qiladi. Atmosfera tabiatining optik signalga ta'siri tufayli nur ilmiy ishda sezilarli miqdor va sifat o‘zgarishiga duch keladi [5,6]. 2017-yilgigi monografiyada muallif bunday tizimlarni ishlab chiqish jarayonlarini atroflicha tushuntirgan. “Masofaviy ochiq atmosfera mikrozarralarining optik signal kuchining pasayishiga ta'sirini tahlil qilish va o‘rganish” [1-4] mavzusida sensor xususiyatlari va ochiq muhit orqali optik aloqa yaratish muammolari keltirilgan.



3-rasm. Uzatish va qabul qilgichning amaliy sxemasi

Maqolani maqsadi lazerli mikrofonlar orqali ob’ektlar axborotini qabul qilish va unga ishlov berishni amalga oshirish bo‘yicha bir qator bilimlarni ishlab chiqishdan hamda ularni atroflicha o‘rganishdan iborat. Sensorli tizimlar va ko‘rinmas yorug‘lik nuriga ega gibrid tizimlaridan foydalanish, axborot uzatishning impulsli rejimlarini va ularning sxemalarini ishlab ciqish ushbu ishning asosi hisoblanadi. Shuningdek ishning yana bir asosiy jihati ko‘rinmas yorug‘lik diapazonidagi lazer diodlaridan sensor tizimiga foydalanishdir. Ko‘rinmas yoki infraqizil yorug‘likdan foydalanish tavsiya etiladi. Shu jumladan ko‘rinadigan yorug‘lik nurini (630 nm) ko‘rinmas yorug‘likka (950 nm) almashtiriv ishlash haqida xulosa qilingan [8].

ISSN 3030-3907

Maqola asosidafi tadqiqod ishida qurilma sining eksperimental va nazariy tahlillari berilgan va sinovdan o‘tkazilgan natijalar keltirilgan. Blok sxemasi ishlab chiqilgan va ko‘p bosqichli kuchaytirgichli bloklar diapazonida qo‘llanilgan. Va signalni qayta ishlash bosqichlarida to‘xtab, haqiqiy ish bloki to‘plangan. Uzatuvchi-qabul qilgich tizimining bajarilgan ishi bo‘yicha xulosalar chiqarilgan. Muallif tomonidan qo‘llaniladigan va bajarilgan barcha jarayonlar, qurilmalar [2-5,7]. Ishlab chiqilgan tizim va ishlab chiqilgan qurilma (1-rasm) va qabul qilgich (3-rasm). Yuqori qismida fotodiodning chiqish oqimi, pastki qismida esa faol filtrning chiqish kuchlanishi joylashgan. Amaliy signal yaratildi va o‘lchandi [8]. Yaratilgan garmonik signal amplitudasi quyidagicha ifodalanadi:

$$U(t) = U0 * \cos(\omega t + \varphi 0), \text{ Volt.} \quad (1)$$

Bu yerda U0 boshlang‘ich amplituda, ω signal chastotasi va φ0 signalning boshlang‘ich fazasi. Ko‘rish mumkin: U_0=2.39 V, ω =100 Hz, φ_0 = 0 daraja. t=π/2 da qanday qiymat qabul qilinadi?

$$U(t) = 2.39 * \cos(f_0 * 2 * 3{,}14 * 100 / 2 + 0) = 2{,}39 * \cos 3.14 = 2.39 * 0.9 = 2{,}1 \text{volt}$$

Lazer diod kuchlanishini untensiv modulyatsiyasi uchun 3.5 V bo‘lgani uchun bu qiymat ham past. Uzoqdan signal qabul qilish lazer mikrofonlari va ko‘rinmas yorug‘lik uzatgichlaridan foydalanish jihatlari pulsli rejimlardan foydalangan holda axborot uzatish samarali bo‘ladi. Shu o‘rinda ishlab chiqilgan sensorli tizim ham samarali deyiladi.

XULOSA.

Tizim bir nechta qismlardan tashkil topgan. Uning birinchi qismi fotoelement va lazer generatoridan iborat. Ishlab chiqilgan masofaviy lazer mikrofonidan sensor sifatida foydalanish tavsiya qilinadi. Asosiy jarayonlar intensiv modulyatsiyalangan signaldir. Biroq, S/N (signal/shovqin) nisbati juda past, foydali signalni ajratishda qator muammolar bor. Shuningdek, impuls rejimida ishlatilishi tavsiya etilgan, Shu sababli barcha kaskadlar push-pull (impulsli) rejimida ishlaydi. Sifatli qabul qilgich ishlatilishi taklif qilingan va qo‘llangan; Sxemalar ishi yaxshilangan. Qurilma asosan sensor, generator, lazer, kuchaytirgich, protsessor, qabul qilgich va uzatgich va boshqalar kabi bir nechta qismlardan iborat. Yuqori filtrlangan va ko‘p kaskadli kuchaytirgichlardan foydalanish amaliyoti korsatigan [1,3,5,6]. Qurilmaga aniq yorug‘lik bilan ishlaydigan elektro-optik tizimni kiritish uning sezgirligi va o‘lchash aniqligini bir necha bor oshirgan. Qurilmada elktr toki o‘rniga optik nurli tizimdan foydalanish yuqori energiya samaradorligini ta'minlaydi. Bu uskunadan mustaqil boshqa texnologiyalar natijasini o‘lchash va boshqarish tizimlarining barcha sohalariga qo‘llash mumkin.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR

1. Rayimdjanova O. et al. Practical approach to aspects of operation and practical use of optoelectronic linear transducer of movements of the first hazard category objects //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 452. – C. 01011.
2. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Jo‘raeva, G., & Ergashev, S. (2024, March). 2.Research of the highly sensitive deformation sensor. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
3. Nurdinova, R., Rayimjonova, O., Djalilov, B., & Iskandarov, U. (2024, March). Determination of the near areas of micro parameters for anomalous photo voltage elements. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
4. Iskandarov, U, Ismoilov, M.M., & Yuldashev, N. (2023) Develop and usage virtual schemes of remote acoustic laser microphones with visible and invisible waves. In E3S Web of Conferences (Vol.452,p03008).EDPS ciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345203008
5. Turgunov, B., Iskandarov, U., Dalibekov, L., & Jurayeva, G. (2024, March). Prospects for using alternative energy sources to generate high power electrostatic fields in the primary processing of raw cotton. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
6. Rayimdjanova, O., Iskandarov, U., Ergashev, S., Tillaboev, M. “Practical approach to aspects of operation and practical use of optoelectronic linear transducer of movements of the first hazard category objects” // E3S Web of Conferences, 2023, 452, 01011
7. Ergashev, Sh., Dalibekov, L., Komilov, A., Jo‘raeva, G., Xusanova, S., Komilov, D. (2023). Optical electron photo converter. E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 01002) GreenEnergy 2023. https://www.researchgate.net/publication/376081228_Develop_and_usage_virtual_schemes_of_remote_acoustic_laser_microphones_with_visible_and_invisible_waves
8. Rayimdjanova, O., Mukhtarov, F., Ismoilov, M. M., Abdusamatov, H., Abdullaeva, M., & Madaminov, M. Research of the semiconductor sensors based on anomal photovoltaic effect with highly sensitive parameters of the deformation. In E3S Web of Conferences (Vol. 508, p. 01004). EDP Sciences.https://doi.org/10.1051e3sconf/ 202450801004

ISSN 3030-3907

ENERGETIKA TIZIMLARIDA QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINI INTEGRATSIYALASH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH MUAMMOLARI

Panayev Dilshod Uroq o‘g‘li
Qarshi davlat universteti, Sanoat muhandisligi kafedrasi o‘qituvchisi Ilmiy rahbar
Norboboyev Navro‘zbek Nurbek o‘g‘li
Qarshi davlat universteti, Fizika fakulteti, Energetika muhandisligi yo‘nalishi 2- bosqich talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada bugungi kunda dolzarb bo‘lgan barcha turdagi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng miqyosda integratsiya qilish, shuningdek energiya samaradorligini oshirishda yuzaga keladigan iqtisodiy, texnik va institutsional muammolar tahlil qilinadi. Shu bilan birga, O‘zbekiston sharoitida qayta tiklanuvchi energiya manbalarining ulushini oshirish va energiya samaradorligini kuchaytirish orqali energetik xavfsizlikni mustahkamlash, issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish va barqaror iqtisodiy rivojlanishga erishish imkoniyatlari asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: intermittent xarakter, SDG 7, biomassa energiya, atom elektr stansiyalarini, shaffof tender.

Аннотация. В данной статье анализируются текущие экономические, технические и институциональные проблемы широкомасштабной интеграции всех видов возобновляемых источников энергии, а также повышения энергоэффективности. Одновременно обосновываются возможности укрепления энергетической безопасности, сокращения выбросов парниковых газов и достижения устойчивого экономического развития в условиях Узбекистана за счет увеличения доли возобновляемых источников энергии и повышения энергоэффективности.

Ключевые слова: прерывистый характер, ЦУР 7, биоэнергетика, атомные электростанции, прозрачный тендер.

Abstract. This article analyzes the current economic, technical and institutional challenges in the large-scale integration of all types of renewable energy sources, as well as in increasing energy efficiency. At the same time, it substantiates the possibilities of strengthening energy security, reducing greenhouse gas emissions and achieving sustainable economic development in the conditions of Uzbekistan by increasing the share of renewable energy sources and increasing energy efficiency.

Keywords: intermittent nature, SDG 7, biomass energy, nuclear power plants, transparent tender.

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Qayta tiklanadigan energiya vaqt o‘tishi bilan tabiiy ravishda to‘ldiriladigan qayta tiklanadigan manbalardan to‘plangan energiyadir. U quyosh nuri, shamol, suv harakati va geotermal issiqlik kabi manbalarni o‘z ichiga oladi. Ko‘pgina qayta tiklanadigan energiya manbalari barqaror bo‘lsa-da, ba’zilari barqaror emas. Misol uchun, ba’zi biomassa energiya manbalari hozirgi ekspluatatsiya jarayonida barqarorlik kasb etmaydi deb hisoblanadi. Qayta tiklanadigan energiya ko‘pincha elektr tarmog‘i havo va suvni isitish va sovutish hamda mustaqil ravishda ishlaydigan energiya tizimlariga elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun energiya yaratib beradi.

So‘nggi o‘n yilliklarda global energetika tizimi tub o‘zgarishlarni boshdan kechirdi. Iqlim o‘zgarishi, issiqxona gazlari emissiyasining ortishi va qazilma yoqilg‘ilarga qaramlikning yuqoriligi dunyo mamlakatlarini energetika siyosatini qayta ko‘rib chiqishga majbur qilmoqda. Global energiya iste’moli yil sayin oshib bormoqda va elektr energiyasiga bo‘lgan talab ayniqsa tez sur’atlarda ortmoqda. Shu bilan birga, qayta tiklanuvchi energiya manbalari – xususan, quyosh va shamol energetikasi – so‘nggi yillarda eng tez rivojlanayotgan segmentga aylandi va ko‘plab hududlarda an’anaviy manbalarga nisbatan iqtisodiy jihatdan raqobatbardosh bo‘lib ulgurdi1. Shunga qaramay, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini (QTEM) mavjud energetika tizimlariga integratsiyalash murakkab texnik va boshqaruv muammolarini yuzaga keltirmoqda. Quyosh va shamol kabi manbalar o‘zgaruvchan xarakterga ega bo‘lib, ishlab chiqarish hajmi ob-havo sharoitiga bog‘liq. Bu esa elektr tarmoqlarida yuklama balansini ta’minlash, chastota va kuchlanish barqarorligini saqlash hamda zaxira quvvatlarni shakllantirishni qiyinlashtiradi. Jahon banki ma’lumotlariga ko‘ra, yuqori ulushdagi qayta tiklanuvchi energiyani muvaffaqiyatli integratsiya qilish uchun raqamlashtirilgan boshqaruv tizimlari, energiya saqlash texnologiyalari, aqlli tarmoqlar va talabni boshqarish mexanizmlarini joriy etish muhim ahamiyatga ega.

Energiya samaradorligini oshirish esa integratsiya jarayonining ajralmas qismidir. Birlashgan millatlar tashkiloti tomonidan qabul qilingan Barqaror rivojlanish maqsadlarining asosiy yo‘nalishlaridan biri ham arzon, ishonchli va barqaror energiyaga universal kirishni ta’minlash bilan bir qatorda energiya samaradorligini sezilarli darajada oshirishdir. Xalqaro maydonda energiya samaradorligi bo‘yicha bir qator ishlar olib borilmoqda, jumladan, sanoatda energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish, bino va inshootlarda issiqlik izolyatsiyasini kuchaytirish, yuqori samarali elektr jihozlardan foydalanish nafaqat energiya iste’molini kamaytiradi, balki elektr tarmoqlaridagi yuklamani pasaytirib, qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiya qilishni yengillashtiradi.

[1] International Energy Agency - https://www.iiea.com/energy

ISSN 3030-3907

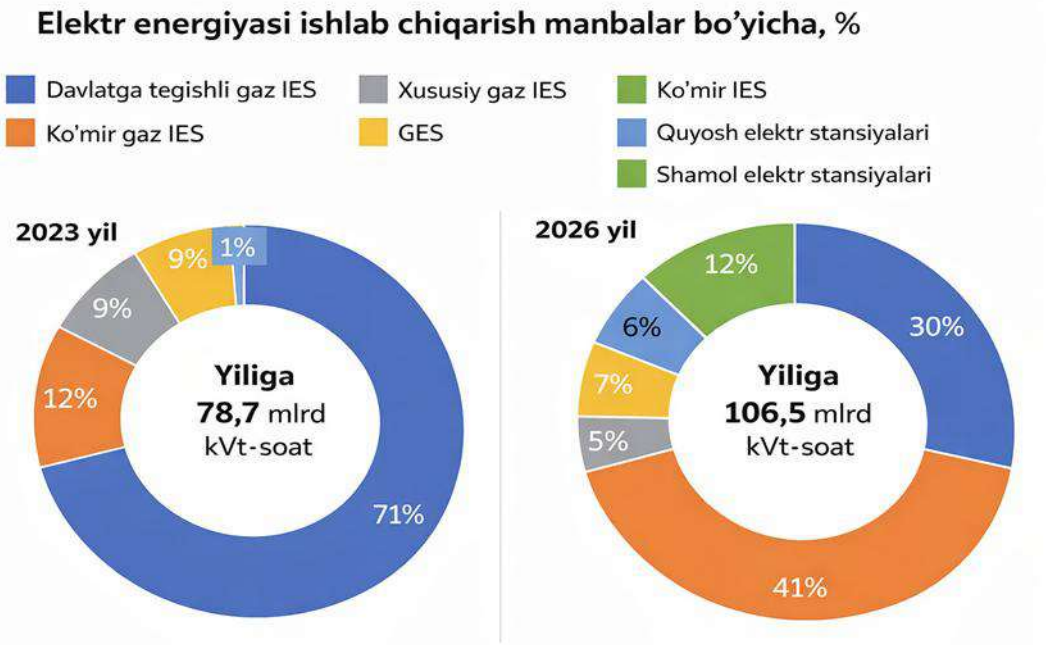
Energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash va energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi yillarda global energetika sektori tub transformatsiya jarayonini boshdan kechirmoqda. Xalqaro energetika statistikalariga ko‘ra, 2023 yilda dunyo bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya manbalari elektr ishlab chiqarishning qariyb 30 foizdan ortig‘ini tashkil etdi, quyosh va shamol esa eng tez o‘sayotgan segment bo‘ldi. 2023 yil davomida global miqyosda 500 GW dan ortiq yangi qayta tiklanuvchi quvvat ishga tushirilgani, bu esa avvalgi yilga nisbatan deyarli 50 foiz o‘sish ekanligi qayd etilgan. Umumiy o‘rnatilgan qayta tiklanuvchi quvvat 4,4 teravattdan oshgan bo‘lib, bunda quyosh energetikasi ulushi qariyb 60 foizga yaqinlashgan. Shu bilan birga, energiya saqlash tizimlari bozori ham jadal rivojlanmoqda: so‘nggi yillarda global batareya saqlash quvvati ikki baravardan ortiq o‘sib, qayta tiklanuvchi energiyaning tarmoqqa integratsiyasida muhim rol o‘ynamoqda.

Adabiyotlarda asosiy muammo sifatida quyosh va shamol energiyasining o‘zgaruvchanligi ko‘rsatiladi. Intermittent ishlab chiqarish sababli tarmoq chastotasi va kuchlanish barqarorligini saqlash murakkablashadi, bu esa qo‘shimcha zaxira quvvatlar yoki energiya saqlash tizimlarini talab qiladi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, energiya saqlash tizimlari qo‘llanilganda pik yuklama 15–20 foizgacha kamayishi va tarmoq yo‘qotishlari sezilarli darajada qisqarishi mumkin. Shuningdek, aqlli tarmoqlar va talabni boshqarish mexanizmlari energiya samaradorligini 10–15 foizga oshirish imkonini beradi. O‘zbekiston misolida statistik ma’lumotlar energetika tizimining hali ham yuqori darajada tabiiy gazga bog‘liqligini ko‘rsatadi. So‘nggi yillargacha elektr ishlab chiqarishning 80–85 foizi gazga asoslangan issiqlik elektr stansiyalariga to‘g‘ri kelgan. 2019 yilda mamlakatda 63,5 TWh elektr energiyasi ishlab chiqarilgan bo‘lsa, uning asosiy qismi gaz hisobiga ta’minlangan. Biroq 2025 yilga kelib qayta tiklanuvchi energiya ulushi 23 foizga yetgani va 14 milliard kVt·soatdan ortiq “yashil” energiya ishlab chiqarilgani qayd etilmoqda Ushbu ko‘rsatkichlar mamlakatda energiya diversifikatsiyasi jarayoni boshlanganini ko‘rsatsa-da, adabiyotlar infratuzilmani modernizatsiya qilish, energiya saqlash texnologiyalarini kengaytirish va energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha tizimli yondashuv zarurligini ta’kidlaydi.

O‘zbekistonda qayta tiklanuvchi energetikani rivojlantirish jarayonini metodologik jihatdan tahlil qilish tizimli, ko‘p darajali va uzoq muddatli strategik yondashuvni talab etadi. So‘nggi yillarda mamlakat energiya sektorini modernizatsiya qilish va diversifikatsiya etish bo‘yicha aniq maqsadlarni belgiladi — xususan, 2030 yilga borib 25 GVt qayta tiklanuvchi energiya quvvatlarini ishga tushirish hamda elektr energiyasi ishlab chiqarishdagi ulushini 40 foizga yetkazish

ISSN 3030-3907

rejalashtirilgan[2]. Ushbu maqsadlarning samarali amalga oshirilishini baholash uchun resurs tahlili, investitsion mexanizmlar, texnologik integratsiya va institutsional islohotlarni qamrab oluvchi kompleks metodologiya qo‘llanilishi lozim.



1-ilova. “O‘zbekistonda kichik atom elektr stansiyalarini qurish mumkin bo‘lgan 14 ta maydon” https://www.gazeta.uz/en/2024/10/18/uzatom/[3]

2023-yilda O‘zbekistonda taxminan 78,7 milliard kVt/soat elektr energiyasi ishlab chiqarilgan, shundan 83 foizi tabiiy gaz bilan ishlaydigan elektr stansiyalaridan olingan. Bu ulush 2026-yilga kelib 71 foizgacha pasayishi kutilmoqda. Birinchi metodologik yo‘nalish — resurs salohiyatini aniqlash va texnik-iqtisodiy asoslash tahlilidir. O‘zbekiston yuqori quyosh radiatsiyasi ko‘rsatkichlariga ega bo‘lib, yil davomida 300 dan ortiq quyoshli kunlar kuzatiladi.

Ayrim hududlarda, xususan Navoiy va Qoraqalpog‘iston mintaqalarida shamol oqimlari barqarorligi yuqori. Shu sababli loyiha joylashuvini aniqlashda geofazoviy modellashtirish, meteorologik ma’lumotlar tahlili, tarmoq infratuzilmasiga yaqinlik va yer resurslarining mavjudligi asosiy mezon sifatida olinadi. Masalan, Xalqaro moliya tashkiloti ko‘magida amalga oshirilgan quyosh va shamol loyihalari xalqaro tender asosida tanlangan bo‘lib, iqtisodiy samaradorlik, energiya ishlab chiqarish prognozi va uzoq muddatli barqarorlik mezonlariga tayangan holda shakllantirilgan. Bu yondashuv loyihalarning

[2] O‘zbekiston Energetika Haftaligi - UEW 2026 *“O`zbekistonda qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish”*

[3] “O‘zbekistonda kichik atom elektr stansiyalarini qurish mumkin bo‘lgan 14 ta maydon” https://www.gazeta.uz/en/2024/10/18/uzatom/

ISSN 3030-3907

shaffofligini va investorlar ishonchini oshirishga xizmat qilmoqda. Ikkinchi muhim metodologik komponent bu moliyaviy barqarorlik va risklarni boshqarish modeli. Qayta tiklanuvchi energiya loyihalari katta boshlang‘ich kapital talab qiladi va investitsiyalar uzoq muddatda qaytadi. Shu bois risklarni taqsimlash, kafolat mexanizmlarini ishlab chiqish va xalqaro moliya institutlari ishtirokini ta’minlash muhim hisoblanadi. Jahon banki hamda xususiy investorlar, jumladan Masdar bilan hamkorlik davlat-xususiy sheriklik modeli asosida yo‘lga qo‘yilgan. Bu model tarif siyosati barqarorligi, shaffof tender jarayonlari va uzoq muddatli elektr xarid shartnomalari orqali investorlar uchun kafolatlangan muhit yaratadi. Metodologik jihatdan bu moliyaviy oqimlarni diskontlash, kapital qiymatini aniqlash, loyiha ichki rentabellik darajasi va qaytish muddati kabi ko‘rsatkichlar asosida baholanadi. Keyingi yo‘nalish energetik tizimga integratsiya va texnologik moslashuvchanlik tahlili. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari o‘zgaruvchan xarakterga ega bo‘lgani sababli ishlab chiqarish va iste’mol o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlash muhimdir. Shu nuqtai nazardan, energiya saqlash tizimlari integratsiyasi strategik ahamiyat kasb etadi. Buxoro viloyatida amalga oshirilayotgan quyosh loyihasiga innovatsion batareya tizimining qo‘shilishi Markaziy Osiyoda ilk tajriba hisoblanadi. Metodologik baholash jarayonida yuklama grafigi tahlili, pik talab davrlarini aniqlash, chastota barqarorligi, tarmoq yo‘qotishlari va energiya balansini optimallashtirish kabi ko‘rsatkichlar qo‘llaniladi. Bunday texnologiyalar tarmoq moslashuvchanligini oshirib, gazga asoslangan zaxira quvvatlariga ehtiyojni kamaytiradi. 2018 yildan boshlab O‘zbekistonda energetika bozorini liberallashtirish, mexanizmlarini joriy etish va tarif siyosatini bosqichma-bosqich isloh qilish bo‘yicha qator qarorlar qabul qilindi. Regulyator organlarning mustaqilligini oshirish, litsenziyalash jarayonlarini soddalashtirish va investorlar uchun huquqiy kafolatlar yaratish transformatsiya samaradorligini belgilovchi indikatorlar hisoblanadi. Institutsional barqarorlik loyihalarning uzoq muddatli muvaffaqiyatini ta’minlovchi asosiy omillardan biridir. Qayta tiklanuvchi manbalarni kengaytirish bilan bir qatorda, energiya intensivligini kamaytirish ham muhim. Sanoat, qurilish va kommunal sohalarda energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish tarmoq yuklamasini pasaytiradi va integratsiya jarayonini yengillashtiradi. Bu jarayon energiya auditi, iste’mol ko‘rsatkichlari monitoringi va raqamlashtirilgan boshqaruv tizimlari orqali baholanadi.

Energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini samarali integratsiya qilish va energiya samaradorligini oshirish uchun izchil va bosqichma-bosqich chora-tadbirlar zarur. Eng avvalo, elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish muhim ahamiyatga ega. Bugungi kunda uzatish va taqsimlash tarmoqlarining bir qismi eskirgan bo‘lib, energiya yo‘qotishlari 12–15 foizgacha yetadi. Yuqori

ISSN 3030-3907

kuchlanish liniyalarini yangilash, raqamli nazorat tizimlari va “aqlli tarmoq” texnologiyalarini joriy etish orqali qayta tiklanuvchi manbalardan keladigan o‘zgaruvchan energiyani barqaror qabul qilish mumkin. Xalqaro tajriba shuni ko‘rsatadiki, masalan, Germaniyada smart grid tizimlari joriy etilgach, shamol energiyasining tarmoqqa muvaffaqiyatli ulanish darajasi sezilarli oshgan. Shu bilan birga, energiya saqlash texnologiyalarini keng qo‘llash zarur. Quyosh va shamol energiyasi doimiy emasligi sababli batareya saqlash tizimlari barqaror ta’minotning asosiy omiliga aylanmoqda. Yirik saqlash tizimlari pik yuklamalarni kamaytirish va tarmoq barqarorligini oshirishga xizmat qiladi. O‘zbekiston sharoitida Buxorodagi quyosh loyihasiga BESS tizimining qo‘shilishi bu borada muhim qadamdir. Bundan tashqari, energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha qat’iy siyosat yuritish lozim. Binolarni issiqlik izolyatsiya qilish, energiya tejamkor uskunalarni joriy etish va sanoatda zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash orqali umumiy energiya iste’molini sezilarli kamaytirish mumkin. Shu bilan birga, malakali kadrlar tayyorlash va ilmiy tadqiqotlarni kuchaytirish ushbu jarayonning barqaror rivojlanishini ta’minlaydi.

XULOSA. Xulosa qilib aytganda, energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiyalash va energiya samaradorligini oshirish bugungi kunda nafaqat ekologik, balki iqtisodiy va strategik zaruratga aylangan. An’anaviy yoqilg‘ilarga yuqori darajadagi qaramlik uzoq muddatda energetik xavfsizlikka, narx barqarorligiga va atrof-muhit holatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng joriy etish bilan bir qatorda, ularni mavjud tarmoqqa samarali va barqaror ulash mexanizmlarini yaratish muhimdir. Tarmoq infratuzilmasini modernizatsiya qilish, energiya saqlash texnologiyalarini rivojlantirish va raqamlashtirish jarayonlari ushbu transformatsiyaning asosiy ustunlari bo‘lib xizmat qiladi. Bundan tashqari, energiya samaradorligini oshirish har qanday energetik islohotning ajralmas qismi bo‘lishi kerak. Chunki ishlab chiqarilgan energiyani ko‘paytirish bilan bir qatorda, uni oqilona va tejamkor ishlatish ham barqaror rivojlanishni ta’minlaydi. Sanoat, transport va uy-joy sektorida energiya tejovchi texnologiyalarni keng qo‘llash orqali umumiy yuklamani kamaytirish va qayta tiklanuvchi manbalar ulushini oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. International Energy Agency - https://www.iiea.com/energy
2. O‘zbekiston Energetika Haftaligi - UEW 2026 “O‘zbekistonda qayta tiklanadigan energiya manbalarini rivojlantirish”
3. “O‘zbekistonda kichik atom elektr stansiyalarini qurish mumkin bo‘lgan 14 ta maydon”- https://www.gazeta.uz/en/2024/10/18/uzatom/

ISSN 3030-3907

4. N. T. Toshpo‘latov, D. B. Qodirov “Qayta tiklanuvchi energiya manbalari” Toshkent – 2020
5. Qayta tiklanadigan energiya - https://uz.wikipedia.org/
6. “Resurslardan foydalanishning energetik xavfsizligi va ekologik muammolari” - https://staff.tiiame.uz/

ISSN 3030-3907

BOSHLANG‘ICH SINFLAR MATEMATIKA DARSLARIDA DIDAKTIK O‘YINLARNING QO‘LLASHNING AFZALLIKLARI

Hakimova Mexriniso Homitovna
Buxoro Davlat Pedagogika instituti Boshlang‘ich ta’lim kafedrasi dotsenti. Pedagogika fanlari buyicha falsafa doktori (PhD)

Annotatsiya. Mazkur maqolada boshlang‘ich sinflar matematika darslarida didaktik o‘yinlarni qo‘llashning afzalliklari ilmiy-nazariy jihatdan tahlil qilingan. Shuningdek maqolada, didaktik o‘yinlar har bir darsning maqsadini, har bir mashqning maqsad va vazifalarini yaxshiroq tushunib olishga yordam berishi, ta’limning ko‘rgazmaliligini, o‘qituvchining nutqini va bolalar harakatini o‘z ichiga olishi, buning natijasida o‘qituvchining aytganlarini o‘quvchilarning o‘ylab olishiga va o‘sha aytilganlarni ifodalab berishlariga muhim pedagogik ahamiyat kasb etishi masalalari atroflicha yoritib berilgan.

Kalit so‘zlar: boshlang‘ich sinf, matematika, didaktik o‘yin, dars, o‘quv-biluv faoliyati, ta’lim, tarbiya, matematik iqtidor, fikrlash qobiliyati, tafakkur, intellektual imkoniyat, mulohaza qilish, tahlil qilish, bir-biriga bog‘lash, umumlashtirish.

Аннотация. В данной статье с научной и теоретической точки зрения анализируются преимущества использования дидактических игр на уроках математики в начальной школе. Также в статье дидактические игры помогают лучше понять цель каждого урока, цели и задачи каждого упражнения, демонстрацию обучения, речь учителя и действия детей. в том числе, в результате чего обдумывание учащимися того, что сказал учитель, и выражение сказанного приобретает важное педагогическое значение

Ключевые слова: начальная школа, математика, дидактическая игра, урок, учебная деятельность, воспитание, обучение, математические способности, мыслительные способности, мышление, интеллектуальные способности, рассуждение, анализ, связать, обобщить.

Annotation. This article analyzes the benefits of using didactic games in mathematics lessons in primary school from a scientific and theoretical point of view. Also in the article, didactic games help to better understand the purpose of each lesson, the goals and objectives of each exercise, the demonstration of learning, the teacher's speech and the children's actions. including, as a result, the students' reflection on what the teacher said and the expression of what was said acquires important pedagogical significance

Keywords: primary school, mathematics, didactic game, lesson, educational activity, education, training, mathematical abilities, thinking abilities, thinking, intellectual abilities, reasoning, analysis, connect, generalize

KIRISH.

2030 yilgacha mo‘ljallangan ta’lim muammolari bo‘yicha butunjahon Forumida qabul qilingan konseptsiyada “...barcha uchun butun hayoti davomida sifatli ta’lim olishga imkoniyat yaratish...”[7] dolzarb vazifa etib belgilangan. Respublikamizda xalq ta’limi sohasida ta’lim va o‘qitish usullari, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari hamda matematik iqtidor va layoqatga ega, xorijiy tillarni puxta o‘zlashtirgan, ta’lim jarayonida zamonaviy pedagogik texnologiyalarni qo‘llash ko‘nikmalari mujassamlashgan professional pedagog kadrlar bilan ta’minlash masalalariga alohida e’tibor qaratilmoqda.

Boshlang‘ich ta’limda keng qo‘llanilayotgan raqamli vositalar va o‘qitish platformalari onlayn darslar, ta’limda sun’iy intellekt, mobil ta’lim va interaktiv masalalar yordamida matematika fanini o‘rganishda yangi usullar va turli xil didaktik o‘yinlardan shu jumladan STEM (fan, texnologiya, muhandislik va matematika)dan foydalanish o‘quv biluv faoliyati samaradorligini ta’minlashga muhim ahamiyatga ega. [9]

Shu nuqtai nazardan qaraganda boshlang‘ich sinf matematika o‘qitish ta’limi mazmunida didaktik o‘yinlardan foydalanish boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining юqori darajadagi hisoblash ko‘nikmalari, tafakkurini shakllantirish, matematik tasavvurlarni o‘stirishda muhim ahamiyatga ega.

Ilmiy kuzatishlarimiz va amaliy tajribalarimizdan bilamizki, matematika fanidan yaxshi o‘qigan o‘quchi boshqa fanlarni o‘zlashtirishga qiynalmaydi. Chunki matematika o‘quchilarning fikrlash qobiliyatini, tafakkur qilishi va intellektual imkoniyatlarini ishga solishi bilan bir qatorda to‘g‘ri qarorlar qabul qilish malakasini ham takomillashtirishga xizmat qiladi.

Matematik masalalardan keng miqyosda foydalanish o‘quvchilarda teran fikrlash, fikrlashdagi ketma - ketlik, mustaqillik, tanqidiylik kabi xususiyatlarni tarbiyalashda imkon yaratadi. Boshlang‘ich ta’limda matematik tasavvurlarni shakllantirishda didaktik o‘yinlardan foydalanish jarayonida o‘quvchilarda ilmiy faraz qilishni o‘rgatish, mulohaza qilish, tahlil qilishni bilish, bir-biriga bog‘lash umumlashtirish kabi qobiliyatlarni tarbiyalashda matematik masalalardan foydalanish юqori samara beradi. Fikrlash юzasidan olib borilgan tadqiqotlarda chet el psixolog olimlari K.Dunker, J.Piajelar fikrlashning markaziy mexanizmlaridan biri - predmetni xayolan yangi aloqa va munosabatlarda tasavvur etib uning asosiy jihatlarini aniqlashdir degan edi.K.Dunker ijodiy izlanishlarida ijodiy fikrlash dinamikasining asosiy xususiyatlari ta’riflangan, evristik uslubiyotning ahamiyati atroflicha yoritib berilgan. [4]

Aynan boshlang‘ich sinfdan o‘quvchilar matematika fanini oson va qiyinchliklarsiz o‘zlashtirishlari, fanga bo‘lgan qiziqishlarni oshirish maqsadida ham didaktik o‘yinlardan foydalanish ijobiy samara beradi. Pedagogik jarayonni tashkil etishning bir nechta usullari mavjud bo‘lib "O‘yinli texnologiyalar"

ISSN 3030-3907

tushunchasi turli xil pedagogik o‘yinlar ko‘rinishida aniq belgilangan o‘quv maqsadlariga, shuningdek ko‘zlangan pedagogik natijalarga erishishda kognitiv yo‘nalish beradi.

Boshlang‘ich sinf matematika darslarida didaktik o‘yinlarni qo‘llashda muayyan ta’limiy maqsad nazarda tutiladi. M.F. Stronin "O‘yinlar - bu hissiy va aqliy rivojlanishni ta’minlaydigan maxsus tashkil etilgan faoliyat" ekanligini aytib o‘tadi. Haqiqatdan ham o‘'yin har doim qaror qabul qilishni o‘z ichiga oladi, nima qilish kerak?, nima deyish kerak? Bu savollarni yechish o‘yinchilarning aqliy faoliyatini keskinlashtiradi. Boshlang‘ich sinf o‘quvchilari uchun ham o‘yin, birinchi navbatda, qiziqarli faoliyatdir. O‘yinda hamma teng ishtirok etadi. [12]

Didaktik o‘yinning eng muhim ahamiyati ham ana shundadir, qiyin o‘tkazilish shakllari va usullari bilan ta’limning boshqa turlaridan farq qiladi. Didaktik o‘yinlar o‘yin usullarini cheksiz takrorlash va o‘zgartirish, o‘yinga kreativ yondashib ma’lumotlarni boyitish imkonini beradi. Masalan, biz «Jimjitlik» o‘yinining 7–9 xilini butun sinf bilan hamda ayrim bolalar bilan bir necha marotaba takrorlab o‘tkazdik; «Nima o‘zgardi?» tipidagi o‘yin 5 xil turli ko‘rsatmali material bilan o‘tkazildi va hokazo. Natijada o‘yin malakalarining bir xilda va mustahkam bo‘lishiga hamda o‘yinning har bir qoidasini tinglay bilish va unga rioya qilinishiga erishish imkonini berdi.

Adabiyotlar tahlilidan bilamizki, metodika ta’lim jarayonini tashkil etishning tayyor “retsepti”, boshqacha aytganda ta’lim mazmuni va shakllarini to‘g‘ri tanlash va qo‘llash, o‘quv-biluv jarayonini loyihalash demakdir. SHuni alohida e’tirof etib o‘tish o‘rinliki, boshlang‘ich ta’lim tizimida didaktik o‘yinlardan foydalanish metodik imkoniyatlari o‘z ichiga: ta’limiy maqsad; rivojlantiruvchi maqsad; tarbiyalovchi maqsad; amaliyotda qo‘llash kategoriyalariga amal qiladi.

Shu o‘rinda aytish joizki, boshlang‘ich ta’limda matematika darslarida didaktik o‘yinlarni qo‘llashda muvaffaqiyatli, aniq tashkil etilgan o‘quv mavzulariga asoslangan loyihalar o‘quv jarayonining samaradorligini ta’minlash imkonini beradi. Mazkur holatni quyidagicha tasvirlash mumkin:

Muayyan mavzuga asoslangan dars loyihasining tarkibi.

Darsning tartib raqamlari. 1, 2, 3, 4,5,6,7 - dars kabi.

O‘tiladigan mavzuning nomi.

SHu mavzuda o‘tiladigan darsning maqsadi va tadrijiy tizimi.

Darsning turi.

Darsda amal qilinadigan umumiy metodlar majmui. Jumladan, reproduktiv yoki mahsuldor metodlar alohida - alohida tavsiflangan holda beriladi.

Darsda qo‘llaniladigan texnik vositalar hamda foydalaniladigan axborot manbalari.

ISSN 3030-3907

Mazkur turkumdagi darslarda tashkil etiladigan nazorat ishlarining turlari.
O‘quv jarayonini dolzarblashtirish.

Darsda o‘quvchilarga taqdim etiladigan bilimlar, tushunchalar, dalillar va harakat usullari.
O‘quvchilarda shakllantiriladigan yangi tushunchalar va harakat usullari.
Yangi tushunchalar va harakat usullari.
Asosiy va ikkinchi darajali muammolar.
Amaliyotda qo‘llanladigan bilim, ko‘nikma, malaka va kompetentsiyalar.

Boshlang‘ich sinflar matematika darslarida didaktik o‘yinlarni qo‘llashda samaradorlikka erishish imkoniyatlari.
Takrorlash.
Uy vazifasi. [8]

Mazkur talablar asosida darsning didaktik tarkibini ham loyihalashtirish imkoniyati vujudga keladi. Uning qismlari o‘quvchilarga taqdim etiladigan bilimlarning elementlari, harakat usullari, mustaqil ish turlari, o‘qitish mazmuni va usullarini o‘zida mujassamlashtiradi. Biroq pedagoglar tomonidan tuziladigan loyihalar qat’iy qolipga ega bo‘lishi mumkin emas. Pedagoglarning ijodkorlik asosida yondashishi natijasida loyihalar takomillashib murakkab ko‘rinish kasb etib boradi. O‘quv jarayonini loyihalashtirishga qo‘yilgan metodik talablar boshlang‘ich sinf o‘qituvchilarining ijodiy izlanishlari uchun yo‘naltiruvchilik vazifasini o‘taydi. Ta’lim jarayonida qanday metodikani qo‘llash, oddiydan murakkabga qarab mavzu mohiyatini o‘quvchilarga tushuntirish pedagoglardan kasbiy kompetentlilikni talab qiladi.

Didaktik o‘yinlar o‘qitish vazifasiga xizmat qiladi va qiziqarli, maroqli, tushunarli darajada olib boriladi. Bolalar g‘olib chiqish maqsadida jonu dili bilan mashq qiladilar, berilgan har bir topshiriqni albatta bajarishga odatlanib qoladilar, natijada ularda didaktik topshiriqlarni bajarishga bo‘lgan qiziqish orta boradi. [2]

Didaktik o‘yinlar har bir darsning maqsadini, har bir mashqning maqsad va vazifalarini yaxshiroq tushunib olishga yordam beradi. Didaktik o‘yinlar ta’limning ko‘rgazmaliligini, o‘qituvchining nutqini va bolalar harakatini o‘z ichiga oladi, buning natijasida idrokda (ko‘rish, eshitish, teri sezgisi belgilarida) birlik tug‘iladi. Bu esa o‘qituvchining aytganlarini bolalarning o‘ylab olishiga va o‘sha aytilganlarni ifodalab berishlariga, ya’ni didaktik o‘yinlar qoidalarini o‘quvchilarning o‘zlari bajarishlariga imkon beradi.

Didaktik o‘yinlarning bo‘ tarzda tuzilish xususiyatlari o‘quvchilar faoliyatini tahlil qilish imkoniyatini beradi. Shuning uchun ham barcha bolalar o‘yin vaqtida qiziqish bilan harakat qiladilar. Didaktik o‘yinlar bolaning his-tuyg‘usiga ta’sir etib, unda qishga ijobiy munosabat va qiziqish xislatini tarkib toptiradi. Bolalar o‘yinni zo‘r mamnuniyat bilan ijro etadi. o‘yin boshlanishini esa sabrsizlik bilan

ISSN 3030-3907

kutadilar, ularning ongida beixtiyor ertangi o‘quv kunining quvonchli manzarasi gavdalanadi.

Boshlang‘ich sinflarda matematika darslarida didaktik o‘yinlarning qo‘llanilishi bir qator afzalliklarni taqdim etadi, shularning ayrimlarini ko‘rib chiqaylik:

Uyg‘unlashgan o‘rganish jarayoni: Didaktik o‘yinlar bolalarning diqqatini jalb qilishga yordam beradi va ularning o‘qishga bo‘lgan qiziqishini oshiradi. O‘yinlar bolalarni darsga jalb qilishda ko‘maklashadi, shuningdek, ularning faol ishlashini va o‘rganishga intiluvchiligini rag‘batlantiradi.

Matematik tushunchalarni aniqlashtirish: O‘yinlar bolalarga matematik tushunchalar, masalan, qo‘shish, ayirish, ko‘paytirish va bo‘lish kabi masalalarni tez va qiziqarli tarzda o‘rganish imkonini beradi. Ular interaktiv tarzda o‘yin o‘tkazish orqali bu tushunchalarni oson va aniq tasavvur etishadi.

Muammoli vaziyatlarni hal qilish: Didaktik o‘yinlar bolalarni muammolarni hal qilishga, ijodiy fikrlashga va yangi ma’lumotlar asosida qarorlar qabul qilishga undaydi. Bu ularning tanqidiy fikrlash qobiliyatlarini rivojlantiradi.

Ijtimoiy - emotsional rivojlanish: Matematika o‘yinlari bolalarning ijtimoiy ko‘nikmalarini rivojlantiradi, chunki ko‘p hollarda o‘yinlar jamoaviy o‘tkaziladi. Bu o‘yinlarda ishtirok etish bolalarga jamoa bilan ishlash, boshqa insonlar bilan munosabatlar o‘rnatish va o‘zaro hurmatni hosil qilishga yordam beradi.

SHaxsiy motivlashtirish: Didaktik o‘yinlar bolalarni faqat matematik bilimlarni o‘rganishga qo‘shimcha ravishda, ularning shaxsiy qiziqishlariga ko‘ra tahsinlashga, raqobatlashishga va o‘z natijalarini ko‘rsatishga motivatsiya beradi.

O‘yin orqali o‘rganish: Boshlang‘ich sinflarda dildaktik o‘yinlar matematik terminlarni qiziqarli tarzda o‘rganishning muhim vositasi bo‘lib hisoblanadi. O‘yinlar orqali o‘quvchilar matematik saboqlarini izchil va davomli ravishda mustahkamlab oladilar. Bu o‘yinlar orqali bolalar o‘zlari o‘rgangan matematik qoidalarni amaliyotda qo‘llash imkoniyatiga ega bo‘ladilar.

Xulosa qilib aytganda, o‘quv biluv faoliyati jarayonida didaktik o‘yinlar kichik pedagogik vaziyat bo‘lib, uning tuzilishi o‘ziga xos syujeti, vazifalari, personajlari bilan bolalarning matematik bilimlarini kengaytirish va chuqurlashtirishga yordam beradi, ularni darsga qiziqtirib, o‘rganish jarayonini samarali qilishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Adizov B.R. Boshlang‘ich ta’limni ijodiy tashkil etishning nazariy asoslari.: Ped. fan. dok. ... diss. – T.: 2003. – 280 b.
2. Mahmudov M. H. Ta’limni didaktik loyihalashning nazariy asoslari. – Ped.fan.dokt. … diss.avtoref. – T.: 2004. – 45 b.
3. Zunnunov A., Mahkamov U.Didaktika . “SHarq” Toshkent -2006 y

ISSN 3030-3907

4. Moro M.I. Matematika: uchebnik dlya 1-4 klassa. – M.: Prosveщenie, 2011.
5. Gusev V.A. Matematika: Spravochnыe materialы. M.: izd. Astrelь, 2013. - 672s.
6. https://nauka21veka.ru/articles/pedagogicheskie-nauki/boshla
7. Incheon Declaration/ Education 2030: Towards inclusive and equitablequality education and lifelong learning for all [Word Education Forum, 19-22 may, 2015, Incheon, Republic of Korea].
8. www.pedagog.uz
9. www.ziyonet.uz
10. www.lex.uz
11. www.bilim.uz
12. https://nauka21

UGLEROD TOLALARINING POLIPROPILENNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARIGA TA’SIRI

To‘rayev Erkin Rustamovich
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti t.f.d.,
E-mail: Turaever@gmail.com
Gulnoza. Quluyeva
Toshkent davlat texnika universiteti
E-mail: Abdukarimovasaida1975@gmail.com
Nayima Bozorova
Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti
E-mail: Najimabazarova@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur ishning maqsadi blok-sopolimer polipropilen asosidagi kompozitlarda maydalangan uglerod tolalari (5, 10 va 20 massa %) miqdorining struktura shakllanishi, fazalararo o‘zaro ta’sirlar hamda fizik-mexanik xossalar majmuasiga ta’sir qonuniyatlarini aniqlash, shuningdek, mustahkamlik, qattiqlik, issiqlikka chidamlilik va o‘lcham barqarorligi yuqori bo‘lgan konstruksion materiallarni ishlab chiqishdan iborat. Aniqlanishicha, maydalangan uglerod tolalari 5, 10 va 20 massa % miqdorda kiritilganda kompozitning elastiklik moduli mos ravishda 2,73; 3,44 va 4,30 baravar, cho‘zilishdagi mustahkamligi esa dastlabki blok-sopolimer polipropilenga nisbatan 1,28; 1,72 va 2,00 baravar ortadi. Ko‘rsatildiki, blok-sopolimer polipropilenni maydalangan uglerod tolalari bilan armirlash materiallarning chiziqli kirishishini sezilarli darajada kamaytiradi: dastlabki polipropilen uchun 1,42 % bo‘lgan ko‘rsatkich tolalar miqdori mos ravishda 5, 10 va 20 massa % bo‘lgan kompozitlarda 1,0 %, 0,82 % va 0,6 % gacha pasayadi. Shu bilan birga, kompozitlarning issiqlikka chidamliligi, zarbiy qovushqoqligi va mustahkamlik ko‘rsatkichlari ortadi. Mexanik yuklamalar ta’sirida deformatsiyaning kamayishi va buyumlarning o‘lcham barqarorligining yaxshilanishi aniqlanib, bu konstruksion maqsadlarga mo‘ljallangan polipropilen kompozitsion materiallar yaratishda uglerodli armirlashning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi. Mikrostrukturaviy tadqiqotlar maydalangan uglerod tolalarining polimer matritsa bo‘ylab bir tekis taqsimlanganligini hamda mustahkam fazalararo adgeziya shakllanishini ko‘rsatdi. Eng yuqori armirlovchi ta’sir 20 massa % maydalangan uglerod tolasi tarkibida kuzatilib, tashqi yuklamalarni samarali qabul qilish va qayta taqsimlashga qodir fazoviy strukturaning hosil bo‘lishini ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: polipropilen, maydalangan uglerod tolasi, maleinlangan poliolefin elastomer, elastiklik moduli, Izod bo‘yicha zarbiy qovushqoqlik, yuklama ostida egilish harorati, fazalararo o‘zaro ta’sirlar, kirishish.

ISSN 3030-3907

Аннотация. Целью работы является установление закономерностей влияния содержания рублёных углеродных волокон (5, 10 и 20 мас. %) на формирование структуры, межфазные взаимодействия и комплекс физико-механических свойств композитов на основе блок-сополимера полипропилена, а также разработка материалов конструкционного назначения с повышенными прочностными характеристиками, жёсткостью, теплостойкостью и размерной стабильностью. Установлено, что при введении рублёного углеродного волокна в количестве 5, 10 и 20 мас.% модуль упругости композита возрастает в 2,73; 3,44 и 4,30 раза соответственно, а прочность при растяжении увеличивается в 1,28; 1,72 и 2,00 раза по сравнению с исходным блок-сополимером полипропилена. Показано, что армирование блок-сополимера полипропилена рублёными углеродными волокнами приводит к существенному снижению линейной усадки материалов с 1,42 % для исходного полипропилена до 1,0 %, 0,82 % и 0,6 % для композитов, содержащих соответственно 5, 10 и 20 мас.% волокна. Одновременно наблюдается повышение теплостойкости, ударной вязкости и прочностных характеристик композитов. Установлено снижение деформации под действием механических нагрузок и улучшение размерной стабильности изделий, что свидетельствует о высокой эффективности углеродного армирования при создании полипропиленовых композиционных материалов конструкционного назначения. Микроструктурные исследования показали равномерное распределение рублёных углеродных волокон в полимерной матрице и формирование прочной межфазной адгезии. Наиболее выраженный армирующий эффект наблюдается при содержании 20 мас.% рубленного углеродного волокна, что обеспечивает формирование пространственной структуры, способной эффективно воспринимать и перераспределять внешние нагрузки.

Ключевые слова: полипропилен, рублёное углеродное волокно, малеинизированный полиолефиновый эластомер, модуль упругости, ударная вязкость по Изоду, температура изгиба под нагрузкой, межфазные взаимодействия, усадка.

Abstract. The aim of this work is to determine the patterns of influence of the amount of crushed carbon fibers (5, 10 and 20 wt.%) in block-sopolimer polypropylene-based composites on structural formation, interphase interactions, and the complex of physical and mechanical properties, as well as to develop structural materials with high strength, hardness, heat resistance, and dimensional stability. It was established that when crushed carbon fibers are introduced in amounts of 5, 10, and 20 wt.%, the elastic modulus of the composite is 2.73; 3.44 and 4.30 times, and tensile strength is 1.28; 1.72 and 2.00 times. It was shown that

ISSN 3030-3907

the reinforcement of block-sopolimer polypropylene with crushed carbon fibers significantly reduces the linear shrinkage of materials: the indicator of 1.42% for the original polypropylene decreases to 1.0%, 0.82%, and 0.6% in composites with fiber content of 5, 10, and 20 wt.%, respectively. At the same time, the heat resistance, impact viscosity, and strength indicators of the composites increase. It was established that under the influence of mechanical loads, deformation decreases and the dimensional stability of products improves, which confirms the high efficiency of carbon reinforcement in the creation of polypropylene composite materials for structural purposes. Microstructural studies revealed that the crushed carbon fibers are evenly distributed across the polymer matrix, leading to the formation of robust interphase adhesion. The highest reinforcing effect is observed in 20 wt.% of crushed carbon fiber, which ensures the formation of a spatial structure capable of effectively absorbing and redistributing external loads.

Keywords: polypropylene, crushed carbon fiber, maleinated polyolefin elastomer, modulus of elasticity, impact viscosity according to Isod, bending temperature under load, interfacial interactions, shrinkage.

KIRISH.

Hozirgi vaqtda tolali hamda mikro- va nanodispers to‘ldirgichlar bilan modifikatsiyalangan aralashmalar va kompozitlarni o‘z ichiga olgan ko‘p komponentli polimer tizimlarni ishlab chiqishga qiziqish ortib bormoqda. Bu oddiy polimerlarda erishib bo‘lmaydigan ekspluatatsion xossalar majmuasini (zarbga chidamlilik, termostabillik, issiqlikka chidamlilik va mustahkamlik) shakllantirish zarurati bilan bog‘liq. Fundamental tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu materiallarning tuzilishi va xossalarini belgilovchi asosiy omillar fazalararo o‘zaro ta’sirlar hamda to‘ldirgichning polymer tarkibidagi disperslik darajasi bilan hisoblanadi [1,2,3].

Zamonaviy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, uglerod tolalarini qo‘shish polipropilenni modifikatsiyalashning samarali usuli hisoblanadi, chunki ular yuqori elastiklik moduliga va rivojlangan fazalararo sirtga ega. Bunday tizimlarda qayta ishlash jarayonida tolalarning yo‘nalishi bilan bog‘liq holda izotrop va mahalliy anizotrop sohalarning almashinuvidan iborat geterofazali morfologiya shakllanadi.

Uglerod tolalari fazalararo adgezion qatlam, makromolekulalarning harakatchanligi cheklangan zonalar hamda to‘ldirgich yuzasi yaqinida yo‘naltirilgan supramolekulyar tuzilmalar hosil bo‘lishiga yordam beradi. Kritik konsentratsiyaga erishilganda perkolatsion tolali tarmoq hosil bo‘lishi mumkin. Mazkur strukturaviy o‘zgarishlar polipropilenning kristallanish darajasini oshiradi va uning ekspluatatsion xossalarini, jumladan mustahkamligi, elastiklik moduli, issiqlikka chidamliligi hamda sudralishga qarshiligini yaxshilaydi [4,5].

ISSN 3030-3907

Uglerod tolalarini polipropilen matritsasiga kiritish materialning mexanik va termik xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashi ko‘rsatilgan. Biroq bunday modifikatsiyaning samaradorligi ko‘p jihatdan tolalarning disperslanish darajasi va fazalararo o‘zaro ta’sir xarakteriga bog‘liq. Shu munosabat bilan poliolefin elastomer asosidagi kompatibilizatorlardan, xususan etilen-propilen elastomeridan (POE) foydalanish alohida ahamiyat kasb etadi. Ular “polimer–to‘ldirgich” chegarasida adgeziyaning yaxshilanishini va yanada bir jinsli morfologik tuzilmaning shakllanishini ta’minlaydi [6].

Ushbu sohada ko‘plab ilmiy ishlar mavjud bo‘lishiga qaramay, kompatibilizator va tola miqdori bilan strukturaning shakllanish xususiyatlari hamda polipropilen kompozitlarning zarbga chidamlilik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi bog‘liqlik masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan. Bu ayniqsa polipropilen asosidagi tizimlar uchun, shuningdek, zarbiy qovushqoqlikni oshirish bilan bir vaqtda kirishish deformatsiyalarini kamaytirish zarur bo‘lgan hollarda dolzarb hisoblanadi [7].

Gipoteza sifatida shuni ilgari surish mumkinki, uglerod tolalarini polipropilenga kiritish fazalararo o‘zaro ta’sirlarni kuchaytiradi, rivojlangan fazalararo qatlam hosil bo‘lishiga va matritsa bo‘ylab kuchlanishlarning yanada bir tekis taqsimlanishiga olib keladi. Natijada materialning fizik-mexanik xossalari majmuasi yaxshilanadi.

Ishning maqsadi uglerod tolalari miqdorining fazalararo o‘zaro ta’sirlarga, morfologiyaga va polipropilenning fizik-mexanik xossalariga ta’sir qonuniyatlarini aniqlash, shuningdek, qayta ishlash texnologikligini va strukturaning barqarorligini saqlagan holda mustahkamlik hamda qattiqlik ko‘rsatkichlarini oshiruvchi optimal tola konsentratsiyalarini asoslashdan iborat.

TADQIQOTLAR METODOLOGIYASI.

Polimer matritsa sifatida Uz-Kor Gas Chemical korxonasi tomonidan ishlab chiqarilgan J-350 markali etilen bilan blok-sopolimerlangan polipropilen qo‘llanildi. Uning suyuqlanma oqim ko‘rsatkichi (MFI) 230 °C haroratda 10 g/10 min ni tashkil etadi (GOST 11645–73 bo‘yicha) va bu ko‘rsatkich PTR-LAB-02 (Rossiya) qurilmasida aniqlangan.

Armirlovchi to‘ldirgich sifatida SYT55 (T800-class) markali maydalangan uglerod tolasi (Xitoy) ishlatildi. Roving ko‘rinishidagi uglerod tolasi kompozit tayyorlash jarayonida polimer matritsa bo‘ylab bir tekis taqsimlanishini ta’minlash hamda dispersiyalanish darajasini oshirish maqsadida oldindan qo‘lda 5–7 mm uzunlikdagi bo‘laklarga maydalandi.

Kompatibilizator sifatida CMG5805 markali maleinlangan poliolefin elastomeri (Xitoy) qo‘llanildi. Ushbu materialning suyuqlanma oqim ko‘rsatkichi 190 °C haroratda 2 g/10 min ni tashkil etadi (GOST 11645 bo‘yicha).

ISSN 3030-3907

Kompaundlash jarayoni D.Ten (Xitoy) kompaniyasida ishlab chiqarilgan laboratoriya ikki shnekli ekstruderida 200–230 °C harorat oralig‘ida va shneklarning aylanish tezligi 100 ayl/min bo‘lgan sharoitda amalga oshirildi. Ekstruziyadan oldin barcha komponentlar 15 daqiqa davomida qo‘lda dastlabki aralashtirilib, so‘ng ekstruderga yuklandi.

Sinov namunalarini tayyorlash GOST 11262 va GOST 4647 talablariga muvofiq bosim ostida quyish usuli bilan amalga oshirildi. Bunda RAY-RAN (Buyuk Britaniya) kompaniyasining RR/TSMP markali inyeksion-quyish mashinasidan foydalanildi.

Mikrofotografik tadqiqotlar uchun namunalarni tayyorlash ISO 16700 standarti talablariga muvofiq amalga oshirildi. Zarrachalarning disperslik darajasi ISO 13322 standarti asosida tasvirlarni tahlil qilish yo‘li bilan baholandi. Tadqiqotlar JEOL (Yaponiya) kompaniyasining JSM-6610LV markali skanerlovchi elektron mikroskopida olib borildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI. Ko‘p fazali polipropilen kompozitsiyalari avtomobil sanoatida, xususan, interyer va eksteryer detallarini ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Ushbu materiallarning iste’mol hajmida mazkur mahsulotlar salmoqli ulushni tashkil etadi. Bunday kompozitsiyalarga bir vaqtning o‘zida yuqori qattiqlik va zarbiy qovushqoqlikni ta’minlash, shuningdek, kirishish deformatsiyalarini minimal darajada saqlash kabi yuqori talablar qo‘yiladi. Bu esa materialshunoslik nuqtai nazaridan murakkab vazifalardan biri hisoblanadi.

1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, POE-g-MAH miqdori doimiy (5 mass.%) bo‘lgan sharoitda maydalangan uglerod tolalari miqdorining 5 mass.% dan 20 mass.% gacha oshirilishi polipropilen kompozitining qator fizik-mexanik xossalarini qonuniy ravishda yaxshilaydi. Xususan, egilishdagi elastiklik moduli va issiqlikka chidamlilikning ortishi kuzatiladi, bu esa yanada rivojlangan armirlangan strukturaning shakllanishi hamda yuklamaning matritsadan tolalarga samarali uzatilishi bilan izohlanadi.

Shu bilan birga, POE-g-MAH qo‘shilishi natijasida fazalararo adgeziyaning yaxshilanishi va energiyani sochuvchi mexanizmlarning, jumladan tolalarning matritsadan sug‘urib chiqishi hamda ularning buzilishi jarayonlarining faollashuvi hisobiga zarbiy qovushqoqlik ham ortadi. Suyuqlanma oqim ko‘rsatkichining (MFI) kamayishi eritmaning qovushqoqligi oshishi va makromolekulyar zanjirlar harakatchanligining cheklanishi bilan bog‘liq. Uzilishdagi nisbiy cho‘zilishning biroz kamayishi esa tizim qattiqligining ortishi va deformatsiyalanish qobiliyatining pasayishi bilan izohlanadi.

Umuman olganda, kompozit tarkibida qattiqlik, issiqlikka chidamlilik va zarbiy qovushqoqlik ko‘rsatkichlari oshgan, suyuqlanmaning oquvchanligi hamda

ISSN 3030-3907

plastiklik xossalari esa mo‘tadil darajada kamaygan muvozanatlashgan struktura shakllanadi.

1-jadval

POE-g-MAH ning PP/UT (polipropilen/uglerod tolasi) kompozitsiyalarining fizik-mexanik xossalariga ta’siri

Ko‘rsatkich nomi	**PP J350**	**PP +5% UT +5% POE-G-MAH**	**PP +10% UT +5% POE-G-MAH**	**PP +20% UT +5% POE-G-MAH**
Zichlik, g/sm^3	0,9	0,92	0,96	1,02
Suyuqlanma oqim ko‘rsatkichi (MFI), 230 °C, g/10 min	10	7	6	5
Cho‘zilishdagi mustahkamlik, MPa	25	32	43	50
+23 °C da kertiksiz Izod usuli bo‘yicha zarbiy qovushqoqlik	7	9	13	17
–30 °C da kertiksiz Izod usuli bo‘yicha zarbiy qovushqoqlik	2,5	4	5	7
Nisbiy uzayish, %	100	130	95	85
Egilishdagi elastiklik moduli, MPa	1280	3500	4400	5500
48 soatdan keyingi kirishish	1,42	1,0	0,82	0,6
1,8 MPa yuklama ostidagi issiqlikka chidamlilik, °C	45	47	50	53

Ma’lumki, POE yuqori molekulyar massaga ega bo‘lib, bu uning adgezion bog‘lanishlarni yaxshilashi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Manba [8] da molekulyar massaning adsorbsiya jarayonlariga ta’siri batafsil ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotlar natijasida molekulyar massa ortishi bilan elastomerning adsorbsiyasi kuchayishi aniqlangan, biroq g‘ovaksiz adsorbentlardan foydalanilganda bu ko‘rsatkich keskin kamayadi.

Shunday qilib, adabiyotlarda keltirilgan polimerlar, kompatibilizatorlar va elastomerlarning konsentrlangan suyuqlanmalardan adsorbsiyalanishiga turli

ISSN 3030-3907

omillarning ta’siri haqidagi ma’lumotlar tizimda konsentratsiya, harorat va boshqa texnologik parametrlar o‘zgarganda yuz beradigan strukturaviy hamda termodinamik o‘zgarishlarni kompleks ravishda hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Mazkur o‘zgarishlar suyuqlanmaning supramolekulyar tuzilishi qayta tashkil topishini, makromolekulyar zanjirlarning o‘zaro chigallanish darajasidagi o‘zgarishlarni, segmentlar harakatchanligining o‘zgarishini, shuningdek, fazalar chegarasidagi fazalararo o‘zaro ta’sirlarning transformatsiyasini o‘z ichiga oladi.

Shuni ham ta’kidlash kerakki, massa almashinuvi va adsorbsiya jarayonlarining kinetikasini belgilovchi suyuqlanmaning reologik xossalarini, shuningdek, dispers faza morfologiyasining (zarrachalar o‘lchami, shakli va taqsimlanishi) adsorbsion qatlamlar shakllanishiga ta’sirini ham hisobga olish zarur. Polipropilen, kompatibilizator va uglerod tolasi asosidagi ko‘p komponentli tizimlarda adsorbsiya jarayonlari komponentlarning o‘zaro raqobatli ta’siri hamda o‘tish fazalararo qatlamlar hosil bo‘lishi tufayli yanada murakkablashadi. Shu sababli kompozitsiyalarning xossalarini tavsiflash va prognoz qilish uchun suyuqlanma strukturasi, fazalararo hodisalar hamda kompozitlarning ekspluatatsion xususiyatlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni hisobga oluvchi tizimli yondashuv zarur hisoblanadi.

Geterogen polimer tizimlarda yaxshi dispersiyalangan dispers fazaning mavjudligi g‘ovak hosil bo‘lish jarayonining boshlanishini osonlashtiradi. Tajribalar natijasida material hajmida mikro g‘ovaklar hosil bo‘lishi aniqlangan bo‘lib, ular qo‘yilgan kuchlanishga dastlabki javob reaksiyasi (kavitatsiya) sifatida qaraladi. Kompatibilizator bilan modifikatsiyalangan polipropilenda cho‘zilish jarayonida elastomer bog‘lovchi zarrachalarining matritsadan ajralishi deformasiyaning dastlabki bosqichidayoq boshlanadi. Shu sababli mazkur zarrachalarni boshlang‘ich g‘ovaklar sifatida qarash mumkin [9].

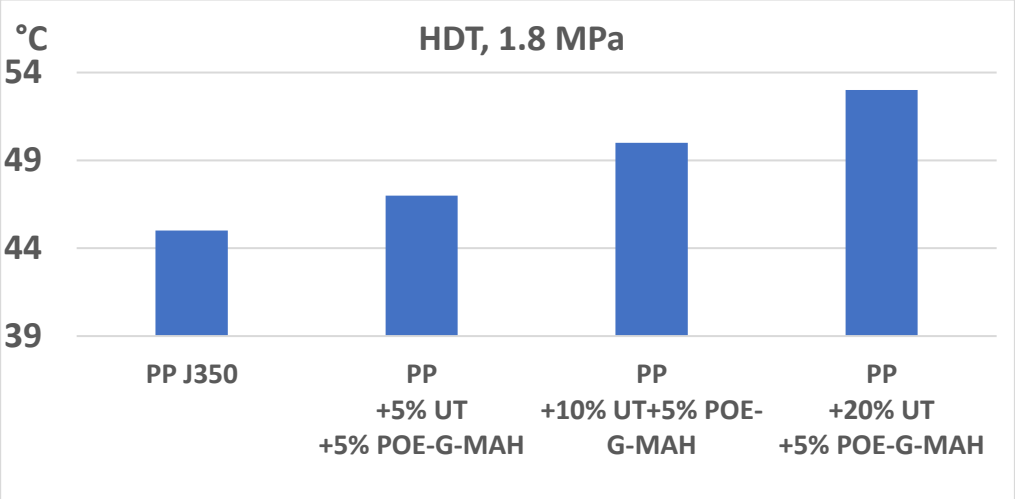
1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, uch fazali polipropilen kompozitsiyalari tarkibiga 20 mass.% uglerod tolasi (UT) va 5 mass.% POE-g-MAH kiritilganda egilishdagi elastiklik moduli 4,3 baravarga ortadi. Taxmin qilish mumkinki, qattiq va elastik komponentlar bir-birining kamchiliklarini kompensatsiyalaydi va natijada bazaviy blok-sopolimer polipropilenning fizik-mexanik xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Uglerod tolasi konsentratsiyasi ortishi bilan ham xona haroratida, ham manfiy haroratda Izod usuli bo‘yicha zarbiy qovushqoqlikning oshishi kuzatiladi. Bu kompozitning buzilishi uchun ko‘proq zarba energiyasi talab etilishini anglatadi. Shu sababli PP/UT tizimiga POE-g-MAH qo‘shilishi, hatto manfiy haroratlarda ham, zarbiy qovushqoqlikning ortishiga yordam beradi. Bizning fikrimizcha, bunda asosiy rolni makromolekulalarning segmentar harakatchanligi va kompozit tarkibidagi POE-g-MAH konsentratsiyasi o‘ynaydi.

ISSN 3030-3907

Kompozitning mustahkamlik va deformatsion xossalarining yaxshilanishiga eng ehtimoliy sabab polipropilen matritsasi bilan uglerod tolasi orasida rivojlangan fazalararo sohaning shakllanishidir. POE-g-MAH kiritilishi fazalar chegarasidagi adgezion o‘zaro ta’sirni yaxshilaydi, uglerod tolalarining matritsa hajmi bo‘ylab yanada bir tekis taqsimlanishini ta’minlaydi hamda fazalararo nuqsonlar sonini kamaytiradi. Natijada mexanik kuchlanishlar polimer matritsadan armirlovchi to‘ldirgichga samarali uzatiladi va kompozitning fizik-mexanik xossalari yaxshilanadi.

Kompozitlarning issiqlikka chidamliligi uglerod tolasi miqdorining ortishi bilan mos ravishda 4 %, 11 % va 18 % ga oshadi (1-rasm). Agar PP + 20 % UT + 5 % POE-g-MAH (T = 53 °C) va PP + 20 % UT (T = 53,5 °C) kompozitlarining issiqlikka chidamlilik ko‘rsatkichlari taqqoslansa, 5 mass.% POE-g-MAH qo‘shilishi kompozitning issiqlikka chidamliligini taxminan 0,5 °C ga biroz kamaytirishi kuzatiladi. Bu holat poliolefin elastomerining nisbatan harakatchan segmentlari mavjudligi bilan izohlanadi.



1-rasm. POE-g-MAH konsentratsiyasining PP/UT (polipropilen–uglerod tolasi) kompozitining issiqlikka chidamliligiga ta’siri.

Uglerod tolasi yuqori mustahkamlik va elastiklik moduli ko‘rsatkichlariga ega bo‘lgani sababli kompozit tarkibida mexanik yuklamalarning samarali uzatilishini ta’minlaydi. Polipropilen matritsasida uglerod tolalari geterogen kristallanish markazlari vazifasini bajarib, kristallanish darajasining ortishiga va yanada bir jinsli supramolekulyar strukturaning shakllanishiga yordam beradi. Bundan tashqari, tolalar yuzasi yaqinida makromolekulalarning harakatchanligi o‘zgargan fazalararo qatlam hosil bo‘lib, u material xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.

Polipropilenni uglerod tolasi bilan armirlash mustahkamlik, elastiklik moduli, issiqlikka chidamlilik va o‘lchamlar barqarorligining oshishiga, shuningdek, sudralish (creep) va chiziqli issiqlik kengayish koeffitsiyentining

ISSN 3030-3907

kamayishiga olib keladi. Armirlash samaradorligi tola va matritsa o‘rtasidagi fazalararo o‘zaro ta’sir mustahkamligi bilan belgilanadi. Adgeziyani yaxshilash maqsadida POE-g-MAH kompatibilizatori keng qo‘llaniladi. U fazalar chegarasida kuchlanishlarning samarali uzatilishini ta’minlab, kompozitlarning mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi.

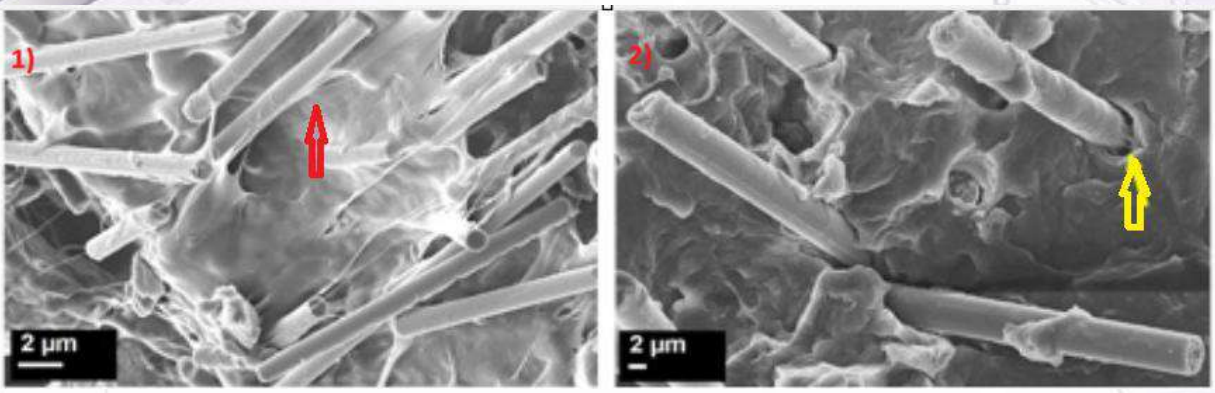
Shunday qilib, polipropilenning uglerod tolasi bilan mustahkamlanishi nafaqat tolalarning armirlovchi ta’siri, balki polimer matritsa strukturasining fazalararo darajada modifikatsiyalanishi bilan ham bog‘liq bo‘lib, bu materialning fizik-mexanik va issiqlik-fizik xossalarining sezilarli yaxshilanishini ta’minlaydi.

POE-g-MAH bilan modifikatsiyalangan va uglerod tolasi bilan armirlangan polipropilen asosidagi kompozitlarda struktura hosil bo‘lishi tizim komponentlari o‘rtasida rivojlangan fazalararo strukturaning shakllanishi natijasida yuz beradi. Uglerod tolasi polipropilen matritsasiga kiritilganda, tolalar armirlovchi karkas hosil qiladigan va polimer makromolekulalari ularning yuzasi yaqinida tartiblangan supramolekulyar struktura shakllantiradigan zarrachalararo o‘zaro ta’sir zonalari paydo bo‘ladi. POE-g-MAH fazalar chegarasida joylashib, polipropilen va uglerod tolasi o‘rtasidagi adgezion o‘zaro ta’sirni yaxshilaydi hamda mexanik kuchlanishlarning yanada samarali uzatilishini ta’minlaydi.

[4,7,10,11] manbalar mualliflarining ta’kidlashicha, PP-g-MAH kiritilgandan so‘ng uglerod tolasi yuzasida polimer qatlami hosil bo‘ladi va fazalararo adgeziya kompatibilizatorsiz namunaga nisbatan sezilarli darajada yaxshilanadi. Uglerod tolasining armirlovchi ta’siri, fazalararo qatlamning strukturani shakllantiruvchi roli va POE-g-MAH ning kompatibilizatsiyalovchi funksiyasining birgalikdagi ta’siri natijasida kompozitning barqaror fazoviy strukturasi hosil bo‘ladi. Bu esa modifikatsiyalanmagan polipropilen bilan solishtirganda materialning fizik-mexanik xossalari majmuasi hamda o‘lchamlar barqarorligining oshishiga olib keladi.

2-rasmda PP + 20 % UT + 5 % POE-g-MAH kompozitsiyasining mikrofotografiyalari PP + 20 % UT tizimi bilan taqqoslangan holda keltirilgan. Kompatibilizator qo‘llanilgan namunada polimer qatlami yaqqol kuzatiladi va fazalararo adgeziya kompatibilizatorsiz namunaga nisbatan sezilarli darajada yaxshilanadi. Bu natijalar [4,7,10,11] manbalarda keltirilgan ma’lumotlar bilan mos keladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Polipropilen–uglerod tolasi kompozitsiyalari yuzasining mikrofotografiyalari: 1 — PP + 20 % UT + 5 % POE-g-MAH; 2 — PP + 20 % UT.

Ehtimol, bu holat POE-g-MAH tarkibidagi malein angidridning funksional guruhlari bilan uglerod tolasi yuzasidagi faol markazlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir natijasida «PP/UT/POE-g-MAH» chegarasida mustahkam fazalararo qatlam hosil bo‘lishi bilan bog‘liqdir. Bu esa fazalararo taranglikning kamayishiga, tolalarning polimer matritsa tomonidan yaxshiroq ho‘llanishiga va fazalararo adgeziyaning ortishiga olib keladi.

POE-g-MAH dispers fazaning sterik barqarorlashuviga yordam berib, suyuqlanma holatida zarrachalarning aglomeratsiyasini oldini oladi hamda qattiq holatda fazalararo chegaraning mustahkamligini oshiradi. Natijada mexanik kuchlanishlarning matritsadan armirlovchi to‘ldirgichga uzatilishi yaxshilanadi, mikro yoriqlar hosil bo‘lish ehtimoli kamayadi va kompozitning fizik-mexanik xossalari ortadi.

Bundan tashqari, kompatibilizatorning mavjudligi kompozitsiya komponentlarining strukturaviy integratsiyalanish darajasini oshiradi. Bu elektron mikroskopik tadqiqotlar natijasida buzilish yuzasida sug‘urib chiqib ketgan tolalar va bo‘shliqlar sonining kamayishi bilan tasdiqlanadi. Fazalararo o‘zaro ta’sirning kuchayishi kompozitning elastiklik moduli, egilishdagi mustahkamligi, zarbiy qovushqoqligi va issiqlikka chidamliligining ortishiga yordam beradi. Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, maleinlangan poliolefinning optimal miqdori fazalararo qatlam orqali yuklamaning yanada samarali uzatilishini ta’minlab, mustahkamlik va zarbiy qovushqoqlik ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada oshiradi.

Shunday qilib, PP/UT/POE-g-MAH tizimi komponentlarining kolloid-kimyoviy moslashuvchanligini yaxshilash, mustahkam fazalararo qatlam hosil bo‘lishi va fazalararo mustahkamlikning ortishi ishlab chiqilgan kompozitning fizik-mexanik hamda ekspluatatsion xossalarini yaxshilovchi asosiy omillar hisoblanadi.

XULOSA. PP/UT/POE-g-MAH tizimi asosida boshlang‘ich blok-sopolimer polipropilenga nisbatan yaxshilangan fizik-mexanik va issiqlik-fizik xossalar

ISSN 3030-3907

majmuasiga ega bo‘lgan kompozitlar ishlab chiqildi. Maydalangan uglerod tolasi va POE-g-MAH kompatibilizatorini birgalikda qo‘llash polimer matritsa bilan uglerod tolasi orasida rivojlangan fazalararo sohaning shakllanishiga hamda adgezion o‘zaro ta’sirning kuchayishiga olib kelishi aniqlandi.

Komponentlarning fazalararo moslashuvchanligining yaxshilanishi mexanik kuchlanishlarning polimer matritsadan uglerod tolasiga yanada samarali uzatilishini ta’minlashi ko‘rsatildi. Natijada kompozitlarning elastiklik moduli, cho‘zilishdagi mustahkamligi va issiqlikka chidamliligi sezilarli darajada ortadi. Mustahkam fazalararo qatlamning shakllanishi va tolalarning yanada bir tekis taqsimlanishi materialning strukturaviy yaxlitligini oshirib, fazalararo buzilish ehtimolini kamaytiradi.

Olingan natijalar PP/UT/POE-g-MAH tizimidan avtomobilsozlik, elektrotexnika va boshqa sanoat tarmoqlarida qo‘llash uchun mo‘ljallangan, ekspluatatsion xossalari oldindan belgilangan konstruksion polimer kompozitlarni yaratishda foydalanish istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Sottiqulov E.S., Turaev E.R., Beknazarov X.S., Jalilov A.T. Issledovanie vliyaniya nanonapolniteley na strukturu i svoystva polipropilena **[**Investigation of the effect of nanofillers on the structure and properties of polypropylene**].** Tashkent, Kompozitsionnye materialy, 2017, 4, 34–36.
2. Marino Xanthos., Functional Fillers for Plastics. Deutschland, Wiley-vch, 2010, 189–210.
3. Lipatov Yu.S. Fiziko-khimicheskie osnovy napolneniya polimerov [Physicochemical principles of polymer filling] Moscow, Khimiya, 1991, 235–264.
4. Zhang Y., Yijun Li., Xuewei He., Mechanical interlock effect between polypropylene/carbon fiber composite generated by interfacial branched fibers. Composites Science and Technology, 2018, 167, 1–6. –DOI: 10.1016/j.compscitech.2018.07.030.
5. Shaikh H., Effect of carbon fiber as secondary filler on the electrical, thermal and rheological properties of carbon fiber/polypropylene composites. Journal of Polymer Engineering, 2020, 38(6). –DOI: 10.1515/polyeng-2017-0121.
6. Hamid Yazdani , Nayereh Sadat M. The effect of different mixing methods on morphology and mechanical properties of PP/EPDM/talc blend. Polymer and polymer composites. Sage Journals 2021, 4636–4649. – DOI: 10.1177. /Journals.sagepub.com
7. Ji-un Jang, Sang Jun Youn, Seong Yun Kim and Min Park. Effect of polypropylene-grafted-maleic anhydride content on physical properties of carbon

ISSN 3030-3907

fiber reinforced polypropylene composites. Functional Composites and Structures, 2020, 2, –DOI 10.1088/2631-6331/abd374.

8. Varga LJ and Barany T. Development of polypropylene-based single-polymer composites with blends of amorphous poly-alpha olefin and random polypropylene copolymer. Polymers, 2020, 12, 1429.

9. Zhenxian Chen, Yingying Wang, Zhao Li, Control of nano-cavitation in semi-crystalline polymer nanocomposites during uniaxial tension: In situ synchrotron X-ray study. Elsevier, 2024, 296, 126786.

10. Karsli N.G., Aytac A. Effects of maleated polypropylene on the morphology, thermal and mechanical properties of short carbon fiber reinforced polypropylene composites. Materials & Design, 2011, 32(7), 4069–4073. DOI: 10.1016/j.matdes.2011.03.021.

11. Harri Junaedi, Muneer Baig, Abdulsattar Dawood. Mechanical and Physical Properties of Short Carbon Fiber and Nanofiller-Reinforced Polypropylene Hybrid Nanocomposites. Polymers (Basel), 2020, 29,12(12), 2851. DOI: 10.3390/polym12122851

ISSN 3030-3907

УДК 504.06:628.4:549.67:631.879

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БЕНТОНИТА И САПРОПЕЛЯ

Эргашева Ш.А.
Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан
Шарипов С.Ш.
Навоийский государственный горно-технологический университет
Жаналиева Р.Н.
Центрально-Азиатский инновационный университет, г. Шымкент, Казахстан
Тагаев С.У
Частный университет «SHARQ» в городе Навои.

Аннотация. В работе исследовано влияние механической и термической активации на физико-химические и сорбционные свойства бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области. Проведён сравнительный анализ изменения удельной поверхности, объёма пор, катионообменной способности, степени аморфизации и дзета-потенциала в зависимости от режимов обработки. Установлено, что механическая активация способствует существенному увеличению удельной поверхности исследуемых материалов вследствие диспергирования частиц и частичного разрушения кристаллической структуры. Для бентонита максимальное значение удельной поверхности достигало 102,31 м²/г, а для сапропеля наблюдалось увеличение почти в три раза по сравнению с исходным состоянием. Термическая обработка приводила к изменению пористой структуры и электрокинетических характеристик материалов, однако при чрезмерных температурах сопровождалась снижением катионообменной способности. Определены оптимальные режимы активации, обеспечивающие наиболее благоприятное сочетание сорбционных характеристик и структурной устойчивости. Показана перспективность совместного использования активированных бентонита и сапропеля для создания эффективных композиционных сорбентов, предназначенных для очистки почв и водных объектов от тяжёлых металлов и других техногенных загрязнителей.

Ключевые слова: бентонит, сапропель, механическая активация, термическая активация, сорбция, катионообменная способность, дзета-потенциал, ремедиация почв.

Abstract. The present study investigates the influence of mechanical and thermal activation on the physicochemical and sorption properties of bentonite from the Navbahor deposit and sapropel from the Tashkent region. A comparative analysis

of changes in specific surface area, pore volume, cation exchange capacity, degree of amorphization, and zeta potential under various treatment conditions was carried out. Mechanical activation was found to significantly increase the specific surface area of both materials due to particle size reduction and partial destruction of the crystal structure. The maximum specific surface area of bentonite reached 102.31 m²/g, while sapropel exhibited an almost threefold increase compared with the initial material. Thermal treatment modified the porous structure and electrokinetic characteristics of the sorbents; however, excessive temperatures resulted in a decrease in cation exchange capacity. Optimal activation parameters providing the best balance between sorption efficiency and structural stability were determined. The results demonstrate the potential of activated bentonite–sapropel composites as environmentally friendly sorbents for the remediation of soils and water contaminated with heavy metals and other anthropogenic pollutants.

Keywords: bentonite, sapropel, mechanical activation, thermal activation, sorption, cation exchange capacity, zeta potential, soil remediation.

Annotatsiya. Mazkur tadqiqotda Navbahor koni bentoniti va Toshkent viloyati sapropelining fizik-kimyoviy hamda sorbsion xossalariga mexanik va termik aktivatsiyaning ta’siri o‘rganildi. Turli ishlov berish rejimlarida solishtirma sirt maydoni, g‘ovaklar hajmi, kation almashinish sig‘imi, amorflanish darajasi va zeta-potensialning o‘zgarishi tahlil qilindi. Aniqlanishicha, mexanik aktivatsiya zarrachalarning maydalanishi va kristall tuzilmaning qisman buzilishi natijasida materiallarning solishtirma sirt maydonini sezilarli darajada oshiradi. Bentonit uchun maksimal solishtirma sirt maydoni 102,31 m²/g ga yetgan bo‘lsa, sapropelda ushbu ko‘rsatkich dastlabki holatga nisbatan qariyb uch barobar ortgan. Termik ishlov berish natijasida materiallarning g‘ovak tuzilishi va elektrokinetik xususiyatlari yaxshilangan, biroq yuqori haroratlarda kation almashinish sig‘imi kamaygan. Sorbsion samaradorlik va strukturaviy barqarorlikning eng maqbul nisbatini ta’minlovchi optimal aktivatsiya rejimlari aniqlandi. Faollashtirilgan bentonit va sapropel asosida og‘ir metallar hamda boshqa texnogen ifloslantiruvchilar bilan zararlangan tuproq va suvlarni tozalash uchun samarali kompozitsion sorbentlar yaratish istiqbollari ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: bentonit, sapropel, mexanik aktivatsiya, termik aktivatsiya, sorbsiya, kation almashinish sig‘imi, zeta-potensial, tuproq remediatsiyasi.

1. ВВЕДЕНИЕ.

В последние годы загрязнение почв тяжёлыми металлами, нефтепродуктами и другими техногенными поллютантами стало одной из наиболее серьёзных экологических проблем. Эффективным направлением решения данной задачи является применение природных сорбентов, обладающих высокой сорбционной ёмкостью и экологической

ISSN 3030-3907

безопасностью. Среди большого числа природных материалов особый интерес вызывают бентонитовые глины и сапропели: их преимущества заключаются в широком распространении, низкой стоимости, экологической безопасности и способности эффективно связывать загрязняющие вещества различной природы. Современные исследования показывают, что эффективность природных сорбентов определяется не только химическим составом, но и рядом структурных характеристик — удельной поверхностью, пористостью, размером частиц, наличием функциональных групп и величиной катионообменной способности.

Бентонитовые глины относятся к наиболее распространённым природным сорбентам и широко применяются в экологических технологиях, нефтегазовой промышленности, строительстве и сельском хозяйстве. Для накопления бентонитовых глин большое значение имели гидрохимические условия среды накопления [1]. Основным минералом бентонитов является монтмориллонит, структура которого состоит из двух кремнекислородных тетраэдрических слоёв и одного алюмооксигидроксидного октаэдрического слоя, расположенного между ними. Между гидроксильными ионами соседних пакетов существует слабая связь, благодаря чему они способны удерживать большое количество воды и других полярных жидкостей, включая органические, которые, входя в межпакетные пространства, вызывают набухание решётки [7].

По данным [5], удельная поверхность природных монтмориллонитов может достигать 800 м²/г с учётом внутренней поверхности слоёв, что обеспечивает высокую адсорбционную ёмкость по отношению к ионам тяжёлых металлов, органическим красителям и нефтепродуктам. Химическая модификация может улучшать каталитические свойства бентонита [10]. Многие исследователи отмечают, что эффективность бентонитов может быть значительно повышена различными методами активации. В работе [3] показано, что механическое воздействие приводит к разрушению агрегатов частиц и увеличению доступности активных центров сорбции. Аналогичные результаты получены в [9], где установлено увеличение сорбционной ёмкости механически активированных бентонитов на 30–50 % по сравнению с природными образцами. Бентониты Навбахорского месторождения характеризуются высоким содержанием монтмориллонита и значительной катионообменной способностью, что делает их перспективным сырьём для получения сорбентов нового поколения [2, 6].

Физико-химические свойства бентонитов, прежде всего адсорбционные и катионообменные, напрямую зависят от содержания основного породообразующего компонента — монтмориллонита — и

ISSN 3030-3907

особенностей его структуры [4]. Механическая активация является одним из наиболее эффективных способов модификации минерального сырья: в процессе высокоэнергетического измельчения происходит не только уменьшение размеров частиц, но и существенное изменение их структурного состояния. Исследования [8] показали, что интенсивное измельчение вызывает снижение интенсивности характерных дифракционных максимумов монтмориллонита, что свидетельствует о частичном разрушении его кристаллической структуры; подобные изменения сопровождаются ростом реакционной способности материала и улучшением его адсорбционных свойств. Несмотря на значительное количество публикаций по механической активации бентонитов, вопросы влияния параметров обработки на свойства местных бентонитов Узбекистана остаются недостаточно изученными.

Кристаллическая структура монтмориллонита представляет собой взаимосвязь трёх элементов матрицы: силикатного слоя с избыточным отрицательным зарядом, положительно заряженных внеслоевых (обменных) катионов, компенсирующих этот заряд, и молекулярно связанной воды [2, 6]. Термическая обработка является важным методом управления структурой глинистых минералов. Бентонит обладает высокой гидрофильностью и выраженными адсорбционными и катионообменными свойствами [11]. При температурах до 200 °C происходит удаление физически адсорбированной воды; в интервале 200–400 °C удаляется межслоевая вода, что приводит к перестройке пористой структуры; при температурах выше 600 °C происходит разрушение структуры монтмориллонита и резкое снижение сорбционной активности. В работе [12] рассмотрена возможность улучшения адсорбционных свойств бентонитовой глины путём её модификации и активации при различных условиях. Правильно подобранный температурный режим позволяет получить материалы с улучшенными сорбционными характеристиками без значительной потери обменных свойств.

В отличие от бентонита, сапропель представляет собой сложную органоминеральную систему, сформированную в результате многолетнего накопления остатков водных организмов. Главной особенностью сапропеля является высокое содержание гуминовых веществ, способных связывать ионы металлов посредством комплексообразования. По данным [14], содержание гуминовых кислот в сапропелях может достигать 20 % сухой массы; благодаря наличию карбоксильных и фенольных функциональных групп данные соединения обладают высокой способностью к сорбции тяжёлых металлов. В работе [15] установлено, что сапропели способны

ISSN 3030-3907

эффективно извлекать из растворов ионы свинца, кадмия, меди и цинка, причём сорбционная ёмкость существенно зависит от содержания органического вещества и степени его сохранности.

Основную долю сапропеля составляют органические вещества — гуминовые кислоты, фульвокислоты, остатки целлюлозы, фрагменты биомассы (общая доля органики 30–40 %), легкогидролизуемые вещества (10–15 %), ил, минералы и кремнезём (25–35 %), карбонаты (5–15 %), а также биологически активные вещества — витамины, аминокислоты, фитогормоны (1–3 %). Гуминовые кислоты сапропеля действуют как «природные хелатообразователи», образуя устойчивые комплексы с тяжёлыми металлами, что делает его ценным материалом для очистки почв.

Сочетание бентонита и сапропеля представляет особый интерес, поскольку эти материалы обладают взаимодополняющими свойствами: бентонит обеспечивает развитую поверхность, механическую прочность и высокую сорбционную способность, тогда как сапропель является источником гуминовых веществ и биологически активных компонентов. Однако систематические исследования влияния механической и термической активации на свойства таких материалов практически отсутствуют, особенно применительно к природному сырью Узбекистана. Анализ литературных данных [16, 17, 18] показывает, что бентониты и сапропели являются перспективными природными материалами для экологической ремедиации, однако свойства бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области после комплексной активации изучены недостаточно.

Целью работы является сравнительное исследование влияния механической и термической активации на физико-химические и сорбционные свойства бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области. Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей изменения удельной поверхности, катионообменной способности и дзета-потенциала указанных материалов под воздействием механической и термической активации, а также в обосновании возможности создания композиционных сорбентов на их основе.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В качестве объектов исследования выбраны два вида природного сырья местного происхождения: бентонитовая глина Навбахорского месторождения Навоийской области Республики Узбекистан и сапропель пресноводного озера Ташкентской области. Выбор обусловлен их значительными природными запасами, низкой стоимостью добычи и перспективностью применения в технологиях экологической ремедиации.

ISSN 3030-3907

Бентонит Навбахорского месторождения относится к кальциево-магниевому типу и характеризуется высоким содержанием монтмориллонита. Сапропель — органоминеральный донный осадок, сформировавшийся в результате многолетнего накопления остатков водной флоры и фауны.

Нормативные требования к составу сапропелей различных типов согласно ГОСТ Р 54000-2010 приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Нормативные показатели сапропеля (ГОСТ Р 54000-2010)

Наименование показателя	**Норма для сапропеля**				
	Органического	**Органо-глинистого**	**Органо-кремне-земистого**	**Органо-известково-вистого**	**Известково-вого**
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	40				
Массовая доля, % на сухое вещество:					
органического вещества, не менее	50	30	15	15	5
азота общего, не менее	1,5	1,0	1,0	0,5	0,1
фосфора общего (P_2O_5), не менее	0,2	0,3	0,4	0,1	0,1
кальция (CaO), не менее	0,1	0,1	0,5	10	20
железа (Fe_2O_3), не более	20	20	10	10	10
серы (SO_3), не более	3,0	3,0	3,0	7,0	7,0
калия общего (K_2O), не менее	0,3	0,3	0,5	0,1	0,1

Химический и биологический состав исследуемого сапропеля представлен на рисунке 1.

ISSN 3030-3907

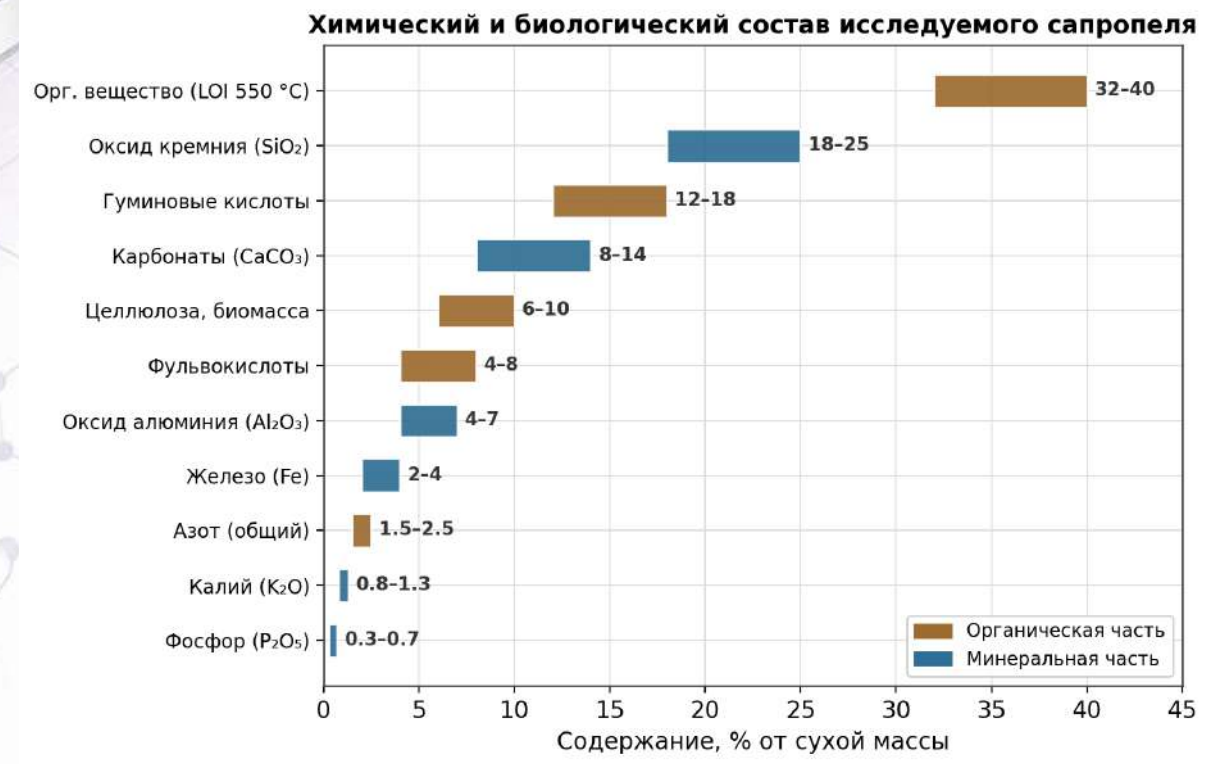


Рисунок 1. Химический и биологический состав исследуемого сапропеля

Сопоставление состава исследуемого сапропеля с требованиями ГОСТ Р 54000-2010 приведено в таблице 2. По содержанию органического вещества, азота, фосфора и калия исследуемый сапропель соответствует требованиям для органо-глинистых сапропелей. Несмотря на относительно низкую удельную поверхность и пористость, наличие большого количества карбоксильных и фенольных функциональных групп делает данный сапропель перспективным сорбентом для связывания ионов тяжёлых металлов и ремедиации загрязнённых почв.

Таблица 2.

Сравнение показателей исследуемого сапропеля с требованиями ГОСТ Р 54000-2010

Показатель	ГОСТ 54000-2010 (органо-глинистый)*	Исследуемый сапропель	Соответствие
Органическое вещество, % сух. в-ва	≥ 30	32–40	Соответствует
Азот общий, %	≥ 1,0	1,5–2,5	Соответствует
Фосфор (P_2O_5), %	≥ 0,3	0,3–0,7	Соответствует
Калий (K_2O), %	≥ 0,3	0,8–1,3	Соответствует
Железо, %	≤ 20 (Fe_2O_3)	2–4 (Fe)	Соответствует

ISSN 3030-3907

Карбонаты ($CaCO_3$), %	Не нормируется	8–14	—
Диоксид кремния (SiO_2), %	Для органо-кремнеземистых форм	18–25	Повышенное
Гуминовые кислоты, %	Не нормируется	12–18	Высокое
Фульвокислоты, %	Не нормируется	4–8	Типично
Целлюлоза и биомасса, %	Не нормируется	6–10	Типично

* для органо-глинистого сапропеля.

Сравнительная характеристика бентонита и сапропеля как природных сорбционных материалов приведена в таблице 3.

Таблица 3.

Сравнительная характеристика бентонита и сапропеля

Показатель	Бентонит	Сапропель
Происхождение	Минеральное сырьё вулканогенно-осадочного происхождения	Органоминеральный донный осадок пресноводных водоёмов
Основной компонент	Монтмориллонит (до 70–80 %)	Гуминовые вещества, органические остатки, минералы
Удельная поверхность, $м^2/г$	30–150	10–30
КОС, мг-экв/100 г	80–150	150–250
Основной механизм сорбции	Ионный обмен, физическая адсорбция	Комплексообразование, хелатирование, ионный обмен
Способность к набуханию	Высокая	Низкая
Содержание орг. вещества	Менее 5 %	30–40 %
Содержание гуминовых кислот	Отсутствуют	12–18 %
Содержание N, P, K	Низкое	Высокое
Экологическая функция	Сорбент, мелиорант, барьерный материал	Сорбент, удобрение, почвоулучшитель

ISSN 3030-3907

Основные преимущества	Высокая поверхность, прочность, стабильность	Высокая КОС, биологически активные вещества
Основные ограничения	Отсутствие органических функциональных групп	Низкая механическая прочность и термостойкость
Роль в композите	Минеральный каркас	Функциональные органические группы

Предполагаемый механизм синергетического взаимодействия бентонита и сапропеля при связывании тяжёлых металлов в почвах показан на рисунке 2.



Рисунок 2. Предполагаемый механизм синергетического взаимодействия бентонита и сапропеля при связывании тяжёлых металлов

После доставки образцов из карьера Навбахор бентонит подвергали предварительной подготовке. Образцы сушили на открытом воздухе при температуре не выше 40 °C в течение 72–96 часов; низкотемпературный режим позволял сохранить природную структуру монтмориллонита и предотвратить преждевременную дегидратацию межслоевого пространства. Высушенный материал измельчали в агатовой ступке и просеивали через сито с диаметром отверстий 0,16 мм. Полученный порошок обозначали как образец Б-0 и использовали в качестве контрольного материала.

ISSN 3030-3907

Отбор сапропеля осуществляли с глубины 2–3 м при помощи донного пробоотборника. После транспортировки в лабораторию материал сушили при температуре 105 °C в течение 24 часов до достижения остаточной влажности менее 8 %. Высушенный сапропель измельчали и просеивали через сито с размером ячеек 0,25 мм. Полученный образец обозначали как С-0.

Удельную поверхность (S(BET)) и параметры пористой структуры определяли методом низкотемпературной адсорбции азота (BET) на анализаторе ASAP 2020 (Micromeritics, США); перед измерениями образцы дегазировали при 120 °C в течение 12 часов. Степень аморфизации рассчитывали по данным рентгенофазового анализа (дифрактометр Rigaku MiniFlex) на основе отношения интегральных интенсивностей кристаллической и аморфной фаз. Катионообменную способность (КОС) определяли аммоний-ацетатным методом. Дзета-потенциал измеряли методом электрофоретической подвижности на приборе Zetasizer Nano ZS (Malvern, Великобритания) с расчётом по уравнению Генри; условия определения приведены в таблице 4. Все измерения проводили не менее чем в трёх параллельных повторностях, результаты представляли в виде среднего арифметического значения ± стандартное отклонение.

Таблица 4.

Условия определения дзета-потенциала образцов

№	Параметр	Значение
1	Метод измерения	Электрофоретическая подвижность
2	Прибор	Zetasizer Nano ZS (Malvern, Великобритания)
3	Принцип метода	Определение скорости движения частиц в электрическом поле с расчётом по уравнению Генри
4	Масса навески образца	50 мг
5	Объём дистиллированной воды	50 мл
6	Концентрация суспензии	1 г/л
7	Корректировка pH	До 7,0 растворами NaOH или HCl
8	Ультразвуковое диспергирование	10 мин
9	Объём пробы для измерения	1 мл
10	Измерительная ячейка	Стандартная кювета для дзета-потенциала

ISSN 3030-3907

11	Температура измерения	25 °C
12	Число параллельных измерений	3
13	Обработка результатов	Расчёт среднего арифметического значения

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Удельная поверхность (S(BET)) бентонита является ключевым показателем, определяющим его адсорбционные и каталитические свойства. Зафиксированное значение для природного бентонита Навбахорского месторождения составляет 50,13 м²/г. По мере интенсификации механической обработки поверхность неуклонно возрастает: для образца Б-01 (200 об/мин, 30 мин, BPR 10:1) — до 70,97 м²/г (~42 % роста), при среднем режиме Б-04 (200 об/мин, 30 мин, BPR 30:1, влажный) — до 86,17 м²/г, а при наиболее интенсивном режиме Б-16 (500 об/мин, 90 мин, BPR 30:1, влажный) — до 102,31 м²/г (~104 % роста). Динамика изменения удельной поверхности приведена на рисунке 3.

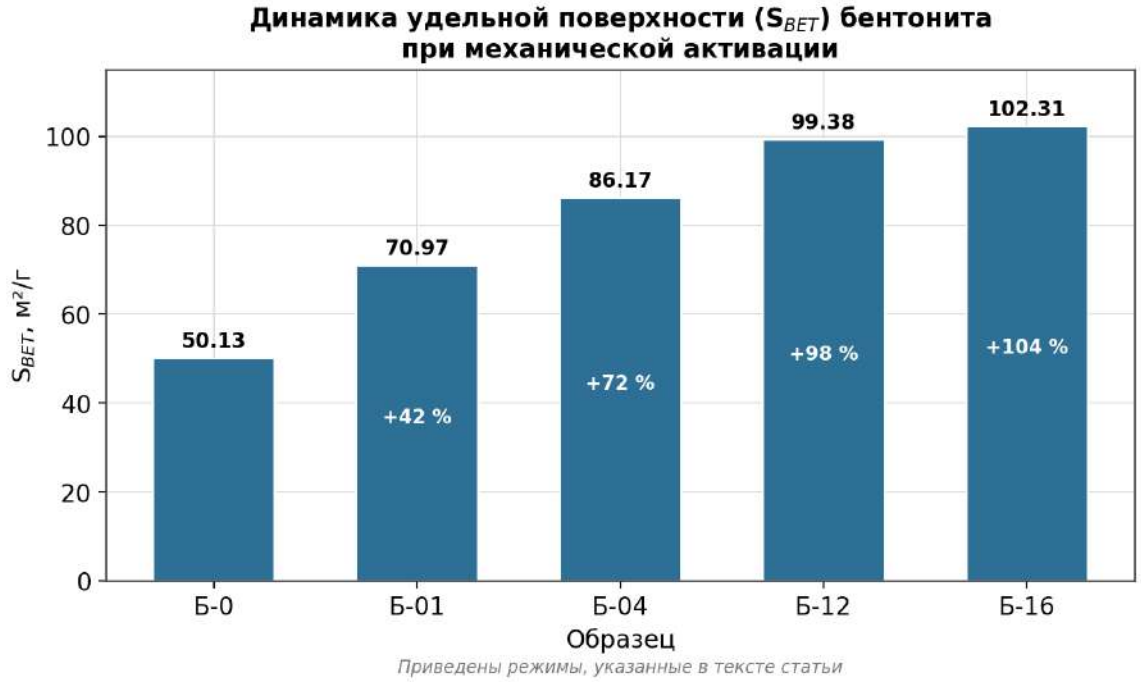


Рисунок 3. Динамика удельной поверхности (S(BET)) бентонита при механической активации

Этот рост объясняется несколькими факторами. Во-первых, механический удар движущихся шаров измельчает частицы бентонита, открывая новые поверхности. Во-вторых, преодолеваются ван-дер-ваальсовы силы между слоями монтмориллонита, и межслоевые пространства становятся доступными для молекул азота. В-третьих, трещины и расширенные граничные поверхности увеличивают удельную поверхность.

ISSN 3030-3907

Катионообменная способность (КОС) — важнейший параметр, количественно выражающий способность материала удерживать на поверхности катионы (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, а также ионы тяжёлых металлов Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+} и др.). КОС природного бентонита составляет 120,30 мг-экв/100 г, что указывает на высокое качество сырья на основе Na-монтмориллонита (для высококачественного Na-бентонита стандартными считаются значения 80–150 мг-экв/100 г). Однако по мере увеличения интенсивности механической обработки КОС последовательно снижается: для Б-01 — 86,17 мг-экв/100 г (потеря 28 %), для Б-12 — 67,92 мг-экв/100 г (потеря 44 %), для Б-16 — 60,83 мг-экв/100 г (потеря 50 %). Снижение КОС объясняется деформацией центров изоморфного замещения в октаэдрических (Al^{3+}) и тетраэдрических (Si^{4+}) позициях монтмориллонита, потерей зарядоудерживающих центров вследствие аморфизации и уменьшением относительной доли активных центров на вновь открытых поверхностях.

Корреляция между S(BET) и КОС образцов бентонита приведена на рисунке 4. Отчётливо видна обратная зависимость между двумя показателями ($r = -0,89$). Точка Б-12 (99,38 м²/г; 67,92 мг-экв/100 г) располагается на Парето-границе, что означает невозможность дальнейшего увеличения S(BET) без снижения КОС; поэтому данный режим оценивается как оптимальный, тогда как образцы Б-15 и Б-16 остаются ниже этой границы и являются менее благоприятными.

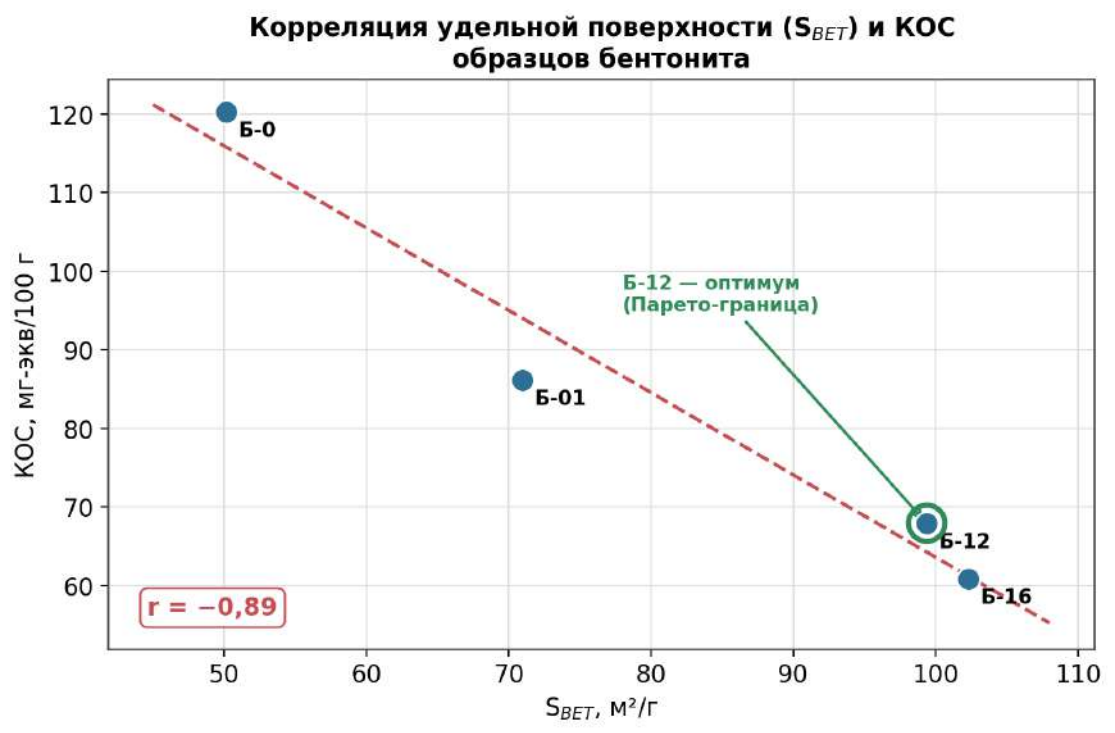


Рисунок 4. Корреляция удельной поверхности (S(BET)) и КОС образцов бентонита

ISSN 3030-3907

На основе совместного анализа всех показателей с учётом их относительных весов оптимальным признан режим Б-12 (500 об/мин, 30 мин, BPR 30:1, влажная обработка), сбалансированно сохраняющий важные параметры: S(BET) = 99,38 м²/г (высокая), объём пор 0,22 см³/г (наивысший), КОС = 67,92 мг-экв/100 г (потеря менее 50 %), |ζ| = 33,5 мВ («хорошо устойчивая» суспензия), аморфизация 36,5 % (активная, на оптимальной границе). Режим Б-11 (сухая обработка) также рекомендуется для промышленного масштаба ввиду более низких энергозатрат.

У природного сапропеля S(BET) составляет всего 15,04 м²/г — в три раза меньше, чем у бентонита. Такому низкому значению есть несколько причин: органические вещества (30–50 %) в гелеобразном состоянии «закрывают» поверхность пор; частицы сапропеля прочно связаны в трёхмерной гелеобразной структуре в виде агломератов; молекулам азота трудно проникать в гидрофильную гелевую структуру. В результате механической обработки S(BET) сапропеля резко возрастает: для С-04 — до 28,89 м²/г, для С-08 — до 35,48 м²/г, для С-12 — до 42,07 м²/г, для С-16 — до 44,10 м²/г, что соответствует росту на 193 % по сравнению с исходным значением (рисунок 5).



Рисунок 5. Удельная поверхность (S(BET)) сапропеля при механической активации

Термическая обработка бентонита постепенно изменяет структуру монтмориллонита. В проведённых экспериментах максимальная температура была ограничена 500 °C, что соответствует зоне оптимальной дегидратации и начальной дегидроксилации, при которой сохраняется

ISSN 3030-3907

значительная часть катионообменных центров. Дальнейшее повышение температуры (выше 600 °C) приводит к разрушению структуры монтмориллонита и резкому снижению сорбционной активности.

Термическая обработка сапропеля принципиально отличается от обработки бентонита, поскольку сапропель содержит большую долю органических веществ (гуминовые кислоты, остатки целлюлозы, биомассу) — 30–50 %. При 250–350 °C гуминовые кислоты начинают разлагаться, а при 400 °C органические вещества в основном исчезают. Поэтому температура активации была ограничена интервалом 100–250 °C: более высокая температура приводит к потере наиболее ценных компонентов — гуминовых кислот, фитогормонов и других биологически активных веществ.

Результаты измерения дзета-потенциала показали увеличение отрицательного заряда поверхности после активации. Дзета-потенциал природного бентонита составляет −15 мВ, что соответствует сравнительно неустойчивой, склонной к агломерации суспензии. Механическая обработка значительно улучшает этот показатель: для Б-04 — −27,0 мВ, для Б-08 и Б-12 — −33,5 мВ, для Б-16 — −34,0 мВ (увеличение по абсолютному значению в 2,3 раза). Рост абсолютного значения отрицательного дзета-потенциала обусловлен открытием на поверхности частиц новых центров отрицательного заряда (–OH, $–O^-$, $–SiO^-$).

Согласно общепринятой классификации коллоидной устойчивости [27], значения $|\zeta| < 10$ мВ соответствуют быстро агрегирующей суспензии; 10–20 мВ — начальной агрегации; 20–30 мВ — средней устойчивости; 30–40 мВ — хорошей устойчивости; > 40 мВ — превосходной устойчивости. Таким образом, образцы Б-08, Б-12 (−33,5 мВ) и Б-16 (−34,0 мВ) обеспечивают «хорошо устойчивую» коллоидную систему (рисунок 6).

ISSN 3030-3907

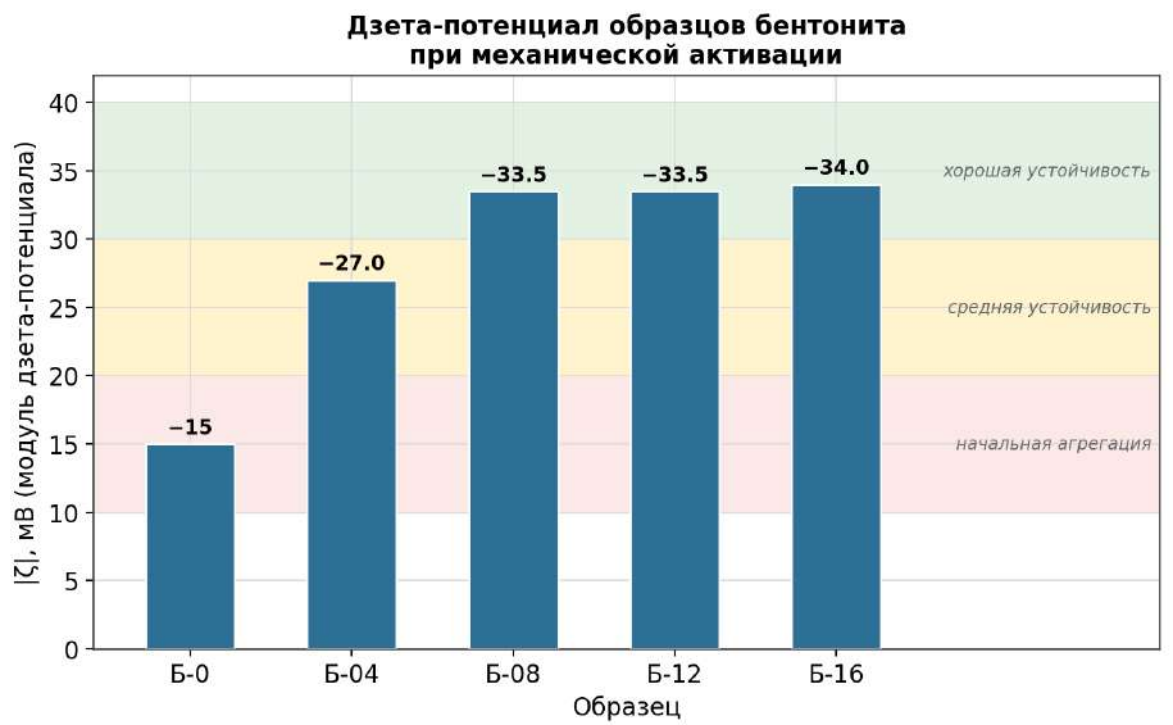


Рисунок 6. Дзета-потенциал образцов бентонита при механической активации

Для исследуемого сапропеля среднее значение дзета-потенциала составило −16 мВ, что указывает на умеренную устойчивость суспензии и наличие поверхностных карбоксильных и фенольных групп гуминовых веществ. Чем выше абсолютное значение дзета-потенциала, тем выше электростатическая стабильность дисперсии и ниже склонность частиц к агрегации.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Проведённое исследование показало, что механическая и термическая активация являются эффективными методами направленного изменения физико-химических и сорбционных свойств природных материалов. Механическая обработка обеспечивает существенное увеличение удельной поверхности и развитие пористой структуры бентонита и сапропеля, тогда как термическая активация способствует оптимизации структурных и электрокинетических характеристик сорбентов. При этом чрезмерная интенсивность воздействия может приводить к частичной потере катионообменной способности и функциональных групп.

Результаты работы свидетельствуют о высокой перспективности использования активированных бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области в качестве экологически безопасных сорбентов для ремедиации загрязнённых почв и водных экосистем. Особый интерес представляет создание композиционных материалов на основе указанных компонентов, сочетающих высокую механическую прочность,

ISSN 3030-3907

развитую поверхность и наличие активных органических функциональных групп. Практическая значимость исследования заключается в возможности разработки доступных и экономически эффективных технологий очистки окружающей среды с использованием местного природного сырья Узбекистана и стран Центральной Азии.

5. ВЫВОДЫ.

–Механическая активация оказывает наиболее выраженное влияние на структурные характеристики бентонита и сапропеля, способствуя увеличению удельной поверхности, объёма пор и дисперсности частиц.

–Для бентонита максимальное значение удельной поверхности достигло 102,31 м²/г, что более чем вдвое превышает показатель исходного образца; для сапропеля рост удельной поверхности составил около 193 % относительно природного материала.

–Интенсификация механической обработки сопровождается снижением катионообменной способности вследствие частичной аморфизации структуры и разрушения активных центров монтмориллонита.

–Термическая активация способствует развитию пористой структуры и увеличению отрицательного заряда поверхности, однако при температурах выше 400–500 °C для бентонита и 200–250 °C для сапропеля наблюдается снижение катионообменной способности и деградация функциональных групп.

–Наиболее рациональным режимом механической активации бентонита признан режим Б-12 (500 об/мин, 30 мин, BPR 30:1, влажная обработка), обеспечивающий оптимальное соотношение удельной поверхности, пористости, дзета-потенциала и катионообменной способности.

–Активация исследуемых материалов приводит к увеличению абсолютного значения дзета-потенциала до 33–34 мВ, что свидетельствует о высокой коллоидной устойчивости и улучшении дисперсионных свойств сорбентов.

–Совместное использование активированных бентонита и сапропеля объединяет преимущества минеральной матрицы бентонита и функциональных органических групп сапропеля, повышая эффективность сорбции загрязняющих веществ.

–Полученные результаты подтверждают перспективность создания композиционных сорбентов на основе активированных природных материалов для очистки почв и водных объектов от тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других техногенных загрязнителей.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирзаев А.У., Чиникулов Х. Глины месторождения Навбахор (Узбекистан) // Литология и полезные ископаемые. 2004. № 1. С. 71–81.
2. Toshirov B.T., Rakhmatov Sh.A. Bentonity Uzbekistana i perspektivy ikh promyshlennogo ispol'zovaniya. Tashkent: Fan, 2004. 256 s.
3. Murray H.H. Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite and Common Clays. Amsterdam: Elsevier, 2007. 180 p.
4. Добрынин И.В. Механоактивационные методы в области производства эффективных бентопорошков для бурения // Нефть. Газ. Новации. 2009. № 10. С. 34–39.
5. Bergaya F., Lagaly G. Handbook of Clay Science. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2019. 1246 p.
6. Сабиров Б.Т. [и др.]. Комплексное исследование бентонитовых глин перспективных месторождений Узбекистана // Universum: технические науки. 2020. № 8(77).
7. Назарова Ф.Ш., Назарова Г.Х., Исламова З.Б. Биологические и физико-химические свойства Азкамарского бентонита и его использование как источника минерального питания // Экономика и социум. 2021. № 4(83). Ч. 2.
8. Lukáč P., Šutka A., Štubňa I. Structural changes in mechanically activated montmorillonite // Applied Clay Science. 2023. Vol. 232. Article 106784.
10. Zhang Y., Li Q., Chen H. Influence of ball milling on physicochemical properties of clay minerals // Powder Technology. 2022. Vol. 406. Article 117590.
11. Castro A., Lima-Junior C.G., França D.B., Martins W.O., Fonseca M.G. Bentonite in sustainable heterogeneous catalysis for organic reactions: An update // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2026. Vol. 14. Issue 2. Article 122010.
12. Жумамурат М.С., Ахметова А.Б. Выбор природных сорбентов для очистки сточных вод // Серия химии и технологии. 2017. № 1. С. 59–66.
13. Huseyin C., Abbas A.M., Abdulrazzak H. Adsorption of heavy metals on bentonite and modified bentonite clay: factors, kinetic and thermodynamic studies: review // Journal of Physics: Conference Series. 2020.
14. ГОСТ Р 54000–2010. Сапропель. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2011. 16 с.
15. Purmalis O., Klavins L., Arbidans L. Ecological quality of freshwater lakes and their management applications in urban territory // Research for Rural Development. 2019. Vol. 2. P. 103–110.

ISSN 3030-3907

16. Stankevica K., Klavins M. Sapropel and its application possibilities in environmental technologies // Environmental and Climate Technologies. 2016. Vol. 17. P. 69–80.
17. Кирейчева Л.В., Глазунова И.В. Природные сорбенты для детоксикации загрязнённых почв // Плодородие. 2008. № 6. С. 44–46.
18. Рахманова Г.Ф., Шаронова Н.Л., Дегтярёва И.А. Влияние наносорбента на процессы биоремедиации нефтезагрязнённой почвы // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 148–152.
19. Хлынина Н.Г. Использование сапропеля в качестве сорбента для очистки сточных вод: автореф. дис. … канд. техн. наук. Волгоград, 2008. 24 с.
20. Хлынина Н.Г. Использование сапропеля в качестве сорбента для очистки сточных вод промышленных предприятий // Молодёжь XXI века: шаг в будущее. Благовещенск, 2003. С. 479–480.
21. Комаров В.С., Лыков А.А. Природные гуминовые вещества и их экологическое значение // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 5. С. 16–22.
22. Klavins M., Purmalis O. Properties and utilization of freshwater sapropel: a review // Environmental Reviews. 2019. Vol. 27. No. 3. P. 247–258.
23. Wang S., Peng Y. Natural zeolites and clays as adsorbents in environmental remediation // Chemical Engineering Journal. 2021. Vol. 403. Article 126364.
24. FAO. Soil Pollution: A Hidden Reality. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. 148 p.
25. Gupta V.K., Nayak A. Sorption of heavy metals using natural adsorbents: A review // Environmental Engineering Research. 2020. Vol. 25. No. 5. P. 721–736.
26. Bhattacharyya K.G., Gupta S.S. Adsorption of metal ions by clay minerals // Advances in Colloid and Interface Science. 2020. Vol. 277. Article 102107.
27. Zhao Y., Wang J., Xu H. Adsorption behavior of heavy metals on modified bentonite // Journal of Environmental Management. 2022. Vol. 315.
28. Müller R.H., Mäder K., Gohla S. Solid lipid nanoparticles (SLN) for controlled drug delivery – a review of the state of the art // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. 2000. Vol. 50. No. 1. P. 161–177.

ISSN 3030-3907

ПОНЯТИЕ НАЦИОНАЛЬНО-КУЛЬТУРНОЙ РЕАЛИИ В ПЕРЕВОДОВЕДЕНИИ

Хасанова Дилдора Шухратовна
Ассистент-преподаватель Самаркандский государственный институт иностранных языков

Аннотация. В статье рассматривается понятие национально-культурной реалии как одной из ключевых категорий переводоведения. Анализируются основные подходы к определению термина «реалия» в трудах В. С. Влахова и С. П. Флорина, В. Н. Комиссарова, Ю. Найды и других исследователей. Особое внимание уделяется разграничению понятий «реалия» и «безэквивалентная лексика», а также выявлению роли реалий в межкультурной коммуникации. Делается вывод о необходимости лингвокультурного подхода при переводе реалий, обусловленного их национально-специфической семантикой и прагматической функцией.

Ключевые слова: реалия, национально-культурная специфика, безэквивалентная лексика, перевод, межкультурная коммуникация.

Abstract. The article examines the concept of national-cultural realia as one of the key categories in translation studies. The paper analyzes major theoretical approaches to defining the term *realia* in the works of V. S. Vlakhov and S. P. Florin, V. N. Komissarov, E. A. Nida, and other scholars. Special attention is paid to the distinction between realia and non-equivalent vocabulary, as well as to the role of realia in the process of intercultural communication. It is argued that national-cultural realia reflect unique elements of a people's traditions, customs, everyday life, and historical experience, which often lack direct equivalents in the target language. The study concludes that an effective translation of realia requires a linguocultural approach that takes into account not only linguistic meaning but also cultural and pragmatic factors in order to preserve the communicative effect of the original text.

Keywords: realia, national-cultural specificity, non-equivalent vocabulary, translation, intercultural communication.

Аннотация. Мазкур мақолада таржимашуносликнинг муҳим категорияларидан бири ҳисобланган миллий-маданий реалия тушунчаси таҳлил қилинади. В. С. Влахов ва С. П. Флорин, В. Н. Комиссаров, Ю. Найда ва бошқа тадқиқотчиларнинг илмий ишларида «реалия» атамасига берилган турли таърифлар кўриб чиқилади. Шунингдек, реалия ва эквивалентсиз лексика тушунчаларини фарқлаш масаласи ҳамда реалияларнинг маданиятлараро мулоқотдаги ўрни ёритилади. Миллий-маданий реалиялар халқнинг анъаналари, урф-одатлари, турмуш тарзи ва тарихий тажрибасини акс эттирувчи, таржима тилида кўп ҳолларда тўғридан-тўғри муқобили мавжуд бўлмаган тил бирликлари эканлиги таъкидланади. Тадқиқот натижасида реалияларни адекват таржима қилиш учун лингвомаданий

ISSN 3030-3907

ёндашув зарурлиги, яъни маъно билан бир қаторда маданий ва прагматик омилларни ҳисобга олиш лозимлиги ҳақида хулоса қилинади.

Калит сўзлар: реалия, миллий-маданий хусусият, эквивалентсиз лексика, таржима, маданиятлараро мулоқот.

ВВЕДЕНИЕ.

Современные процессы глобализации и активного межкультурного взаимодействия значительно усиливают интерес к проблемам перевода национально-культурно маркированных языковых единиц. В условиях глобального обмена информацией и культуры перевод уже не рассматривается только как механическая замена слов одного языка словами другого. Он выступает как сложный акт межкультурной коммуникации, направленный на передачу не только лексического содержания, но и культурного контекста, исторических особенностей, социальных норм и ценностей народа, отражённых в языке [4].

Особую сложность для переводчика представляют национально-культурные реалии — это языковые единицы, отражающие уникальные элементы культуры, традиций, повседневного быта и исторического опыта народа. Такие реалии часто не имеют прямых эквивалентов в языке перевода, поэтому их передача требует от переводчика глубокого знания культурного контекста, умения интерпретировать культурно-специфическую информацию и подбирать адекватные переводческие стратегии. Например, слова и выражения, связанные с праздниками, семейными или общественными традициями, требуют не только лексической, но и культурологической адаптации.

Целью настоящей статьи является теоретический анализ понятия национально-культурной реалии в переводоведении, рассмотрение основных подходов к его интерпретации, разграничение понятий «реалия» и «безэквивалентная лексика», а также выявление роли реалий в межкультурной коммуникации. Осмысление особенностей и функций национально-культурных реалий позволяет выработать более эффективные стратегии их перевода и способствует лучшему пониманию текста целевой аудиторией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Материалом исследования послужили фундаментальные труды отечественных и зарубежных лингвистов и переводоведов, посвящённые теории перевода, лингвокультурологии, межкультурной коммуникации, а также проблемам безэквивалентной и национально-культурно маркированной лексики. В работе анализируются научные концепции, представленные в классических и современных исследованиях, что

ISSN 3030-3907

позволяет проследить эволюцию взглядов на понятие реалии и способы их перевода.

Комплексное применение указанных методов позволило выявить ключевые особенности трактовки национально-культурных реалий в переводоведении, определить их специфику по отношению к безэквивалентной лексике, а также установить их функциональную роль в переводческом процессе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основные подходы к определению понятия «реалия»

Наиболее разработанное определение термина «реалия» представлено в трудах В. С. Влахова и С. П. Флорина, которые понимают под реалиями слова и словосочетания, обозначающие предметы и явления, характерные для жизни и культуры одного народа и отсутствующие у другого [2]. Учёные подчёркивают, что реалии являются носителями национального и исторического колорита.

В. Н. Комиссаров рассматривает реалии как разновидность безэквивалентной лексики, акцентируя внимание на их культурной обусловленности и связи с фоновыми знаниями носителей языка [3]. По мнению исследователя, значение реалий не может быть полностью раскрыто без учёта экстралингвистических факторов.

В работах Ю. Найды термин «реалия» прямо не используется, однако концепция культурно-специфических элементов занимает центральное место. Найда подчёркивает необходимость достижения динамической эквивалентности, при которой перевод должен вызывать у адресата аналогичную реакцию, что и оригинал у носителя исходной культуры [8].

Таким образом, анализ различных подходов показывает, что реалии рассматриваются как языковые единицы, неразрывно связанные с культурой и национальной спецификой общества.

Соотношение понятий «реалия» и «безэквивалентная лексика»

В научной литературе понятия «реалия» и «безэквивалентная лексика» нередко используются как синонимичные, однако их полное отождествление представляется методологически некорректным. Безэквивалентная лексика охватывает более широкий круг языковых единиц, которые не имеют прямых соответствий в языке перевода по различным причинам — семантическим, структурным или культурным [1]. К данной категории могут относиться термины, абстрактные понятия, неологизмы и иные лексические единицы, отсутствие эквивалентов которых не всегда связано с национально-культурной спецификой.

ISSN 3030-3907

Национально-культурные реалии, в свою очередь, представляют собой особую подгруппу безэквивалентной лексики, ключевым признаком которой является ярко выраженная национально-культурная маркированность. Реалии отражают специфические элементы культуры, быта, традиций и исторического опыта определённого народа и выступают носителями национального колорита текста. В отличие от других безэквивалентных единиц, реалии тесно связаны с культурным контекстом и требуют от переводчика учёта экстралингвистических факторов при выборе стратегии перевода. Следовательно, можно утверждать, что каждая реалия является безэквивалентной единицей, однако не всякая безэквивалентная лексема может быть отнесена к реалиям, поскольку отсутствие эквивалента не всегда обусловлено культурной спецификой. Такое разграничение имеет принципиальное значение для теории перевода и практики передачи национально-культурно маркированных единиц.

Роль реалий в межкультурной коммуникации

Национально-культурные реалии играют важную роль в процессе межкультурной коммуникации, поскольку они передают информацию о ценностях, традициях и мировоззрении народа [6]. Через реалии формируется культурный образ страны и национальный колорит текста. Неадекватный перевод реалий может привести к искажению смысла и снижению коммуникативного эффекта текста перевода. В этой связи переводчик должен учитывать прагматический аспект перевода и выбирать такие стратегии, которые обеспечивают баланс между сохранением культурной специфики и доступностью информации для адресата перевода [7].

ОБСУЖДЕНИЕ.

Результаты проведённого исследования подтверждают, что национально-культурные реалии занимают особое место в системе переводоведческих категорий, поскольку находятся на стыке языка и культуры и отражают взаимосвязь языковых и внеязыковых факторов. Они не могут рассматриваться исключительно как лексические единицы, так как несут значительную культурную, историческую и социальную информацию. В этой связи их перевод требует комплексного подхода, включающего лингвистический анализ значения и формы, культурологический анализ фоновых знаний и традиций, а также прагматический анализ, направленный на учёт восприятия текста адресатом перевода. Сравнительный анализ научных концепций отечественных и зарубежных исследователей показывает, что лингвокультурный подход является наиболее продуктивным при исследовании и переводе национально-культурных реалий. Данный

ISSN 3030-3907

подход позволяет учитывать не только семантическое содержание языковой единицы, но и её культурную функцию, коммуникативную значимость и роль в формировании национального колорита текста, что способствует более адекватной передаче смысла и культурной специфики в переводе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В ходе проведённого исследования было установлено, что национально-культурные реалии представляют собой особую категорию лексических единиц, отражающих уникальные элементы культуры, традиций, быта и исторического опыта народа. Эти единицы выступают носителями национального колорита и культурной информации, что отличает их от других типов лексики. В отличие от общей безэквивалентной лексики, национально-культурные реалии характеризуются ярко выраженной культурной маркированностью и выполняют значимую функцию в процессе межкультурной коммуникации, обеспечивая передачу культурных ценностей и особенностей мировосприятия.

Осмысление сущности национально-культурных реалий, их семантических, культурных и прагматических функций является необходимым условием для разработки эффективных переводческих стратегий. Учет данных факторов позволяет переводчику сохранять культурную специфику исходного текста и обеспечивать его адекватное восприятие адресатом перевода. Это придаёт исследованию особую значимость как для теории перевода, так и для практики межкультурной коммуникации, направленной на достижение точности и культурной эквивалентности перевода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бархударов ЛС. Язык и перевод. М.: Международные отношения; 1975.
2. Влахов ВС, Флорин СП. Непереводимое в переводе. М.: Международные отношения; 1980.
3. Комиссаров ВН. Теория перевода (лингвистические аспекты). М.: Высшая школа; 1990.
4. Тер-Минасова СГ. Язык и межкультурная коммуникация. М.: Слово; 2000.
5. Baker M. In Other Words: A Coursebook on Translation. London: Routledge; 2018.
6. House J. Translation Quality Assessment: Past and Present. London: Routledge; 2015.
7. Newmark P. A Textbook of Translation. London: Prentice Hall; 1988.
8. Nida EA. Toward a Science of Translating. Leiden: Brill; 1964.

ISSN 3030-3907

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТИЧЕСКОГО И ПОТЕНЦИАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ КОНДЕНСАТА КАК ИНСТРУМЕНТ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ВЫНОСА ЖИДКОЙ ФАЗЫ НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Куликова Виктория Дмитриевна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, студент
E-mail: kulikovav505@gmail.com
Евстафеев Евгений Александрович
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: johnnygeniy@mail.ru
Добычина Светлана Олеговна
Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Ташкенте, преподаватель
E-mail: dsvetlana689@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada gaz kondensat konlarini ishlash jarayonida PVT tadqiqotlari natijalari bo‘yicha aniqlanadigan kondensatning potensial miqdori bilan amaldagi kondensat-gaz omili (KGO) o‘rtasidagi tafovut muammosi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning maqsadi mazkur tafovut sabablarini tahlil qilish hamda undan qatlam va quduqning quduq atrofi zonasida sodir bo‘layotgan jarayonlarni diagnostika qilishda foydalanish imkoniyatini baholashdan iborat. O‘zbekiston Respublikasining C_{5+} fraksiyasi miqdori turlicha bo‘lgan gaz kondensat konlari bo‘yicha промыслов ma’lumotlar asosida amaldagi KGO dinamikasi va differensial kondensatsiya izotermalarining approksimatsiyalangan bog‘lanishlari yordamida hisoblangan kondensatning potensial miqdori o‘zaro taqqoslandi. Tadqiqot natijalari PVT tajribalari asosida aniqlangan kondensatning potensial miqdori har doim ham kon sharoitlarida kuzatiladigan haqiqiy kondensat chiqarilishi bilan mos kelmasligini ko‘rsatdi. Aniqlangan farqlarni miqdoriy baholash uchun kondensatning amaldagi va potensial miqdorlari nisbatini tavsiflovchi diagnostik parametr taklif etildi. Ushbu parametrning o‘zgarishi g‘ovak muhitda suyuq fazaning to‘planishi va chiqarilishi jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatildi. Olingan natijalar gaz kondensat konlarini ishlash samaradorligini tezkor tahlil qilish hamda quduq atrofi zonasida suyuqlik to‘planishi xavfi yuqori bo‘lgan uchastkalarni aniqlashda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: gaz kondensat konlari, differensial kondensatsiya izotermalari, kondensatning potensial tarkibi, kondensat-gaz omili, fazaviy o‘tish jarayonlari, quduq atrofi zonasi.

Аннотация. В статье рассматривается проблема расхождения между потенциальным содержанием конденсата, определяемым по результатам PVT-исследований, и фактическим конденсатогазовым фактором (КГФ) при разработке газоконденсатных месторождений. Целью исследования является анализ причин данного расхождения и оценка возможности его использования для диагностики процессов, происходящих в пласте и призабойной зоне скважин. На основе промысловых данных газоконденсатных месторождений Республики Узбекистан с различным содержанием фракции C5+ выполнено сопоставление динамики фактического КГФ и потенциального содержания конденсата, рассчитанного по аппроксимированным зависимостям изотерм дифференциальной конденсации. Установлено, что потенциальное содержание конденсата, определяемое по результатам PVT-экспериментов, не всегда соответствует фактическому выносу конденсата в промысловых условиях. Для количественной оценки выявленных различий предложен диагностический параметр, характеризующий соотношение фактического и потенциального содержания конденсата. Показано, что изменение данного параметра может быть связано с процессами накопления и выноса жидкой фазы в пористой среде. Полученные результаты могут быть использованы для оперативного анализа эффективности разработки газоконденсатных месторождений и выявления участков с повышенным риском накопления жидкости в призабойной зоне скважин.

Ключевые слова: газоконденсатные месторождения, изотермы дифференциальной конденсации, потенциальное содержание конденсата, конденсатогазовый фактор, фазовые переходы, призабойная зона скважины.

Abstract. This paper addresses the discrepancy between the potential condensate content determined from PVT studies and the actual gas-condensate factor (GCF) observed during the development of gas-condensate reservoirs. The aim of the study is to analyze the causes of this discrepancy and assess the possibility of using it for diagnosing processes occurring in the reservoir and the near-wellbore zone. Based on field production data from gas-condensate reservoirs of the Republic of Uzbekistan with different C5+ fraction contents, a comparison was made between the dynamics of the actual gas-condensate factor and the potential condensate content calculated using approximated differential condensation isotherms. The results showed that the potential condensate content determined from PVT experiments does not always correspond to the actual condensate recovery under field conditions. To quantitatively evaluate the identified differences, a diagnostic parameter characterizing the ratio of actual to potential condensate content was proposed. It was demonstrated that variations in this parameter may be associated

ISSN 3030-3907

with the accumulation and production of the liquid phase in porous media. The obtained results can be used for the operational assessment of gas-condensate reservoir development efficiency and for identifying areas with an increased risk of liquid accumulation in the near-wellbore zone.

Keywords: gas-condensate reservoirs, differential condensation isotherms, potential condensate content, gas-condensate factor, phase transitions, near-wellbore zone.

ВВЕДЕНИЕ.

На поздней стадии разработки газоконденсатных месторождений снижение пластового давления приводит к изменению фазового состояния пластовой смеси и повышает риск выпадения ретроградного конденсата [1]. Накопление конденсата и пластовой воды в призабойной зоне ухудшает фильтрацию газа, снижает продуктивность скважин и может приводить к накоплению жидкости (остаточная вода+ретроградный конденсат) [2].

Данная проблема особенно актуальна для истощенных месторождений со средним и высоким содержанием стабильного конденсата C_{5+}. Поскольку проведение гидродинамических исследований на всех скважинах не всегда возможно и экономически целесообразно, возникает необходимость предварительной оценки риска накопления жидкости по текущим промысловым данным о добыче газа и конденсата как в среднем по залежи, так и по конкретным скважинам.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В качестве объектов исследования выбраны три газоконденсатных месторождения, различающиеся по содержанию стабильного конденсата (C_{5+}) в пластовом газе: Бешкент (высокое содержание) и Адамташ (среднее содержание). Для каждого месторождения по промысловым данным оцифрованы изотермы дифференциальной конденсации, представляющие собой зависимость потенциального содержания конденсата ($ПС_{5+}$, г/м³) от пластового давления ($P_{пл}$, МПа) [3]. Сведения о потенциальном содержании конденсата и полученные уравнения изотерм дифференциальной конденсации исследуемых месторождений представлены в таблице 1, а их графики – на рисунках 1-2.

Таблица 1.

Сведения о потенциальном содержании конденсата и уравнения изотерм дифференциальной конденсации исследуемых месторождений

№	Месторождение	Начальное потенциальное содержание	Уравнение изотермы дифференциальной конденсации $ПС_{5+}=f(P_{пл})$

ISSN 3030-3907

		конденсата в газе $ПС_{5+}$, г/м^3	
1	Бешкент	209	$ПС_{5+} = 0{,}0165{P_{пл}}^2 + 0{,}4274P_{пл} + 135{,}94$
2	Адамташ	84,79	$ПС_{5+} = -0{,}0554{P_{пл}}^3 + 1{,}727{P_{пл}}^2 - 12{,}488P_{пл} + 69{,}014$

Как правило, потенциальное содержание конденсата в пластовом газе используется при подсчете запасов конденсата на начальной стадии разработки месторождения и является оценочным критерием фазового состояния пластового флюида в залежи, тогда как при добыче углеводородов чаще используется понятие конденсатогазовый фактор, который в среднем по месторождению может быть оценен по формуле [4]:

$$КГФ = \frac{Q_к}{Q_г} \cdot 1000 \quad (1)$$

где $Q_к$ - добыча конденсата, тыс. тонн; $Q_г$ - добыча газа, млн. м^3.

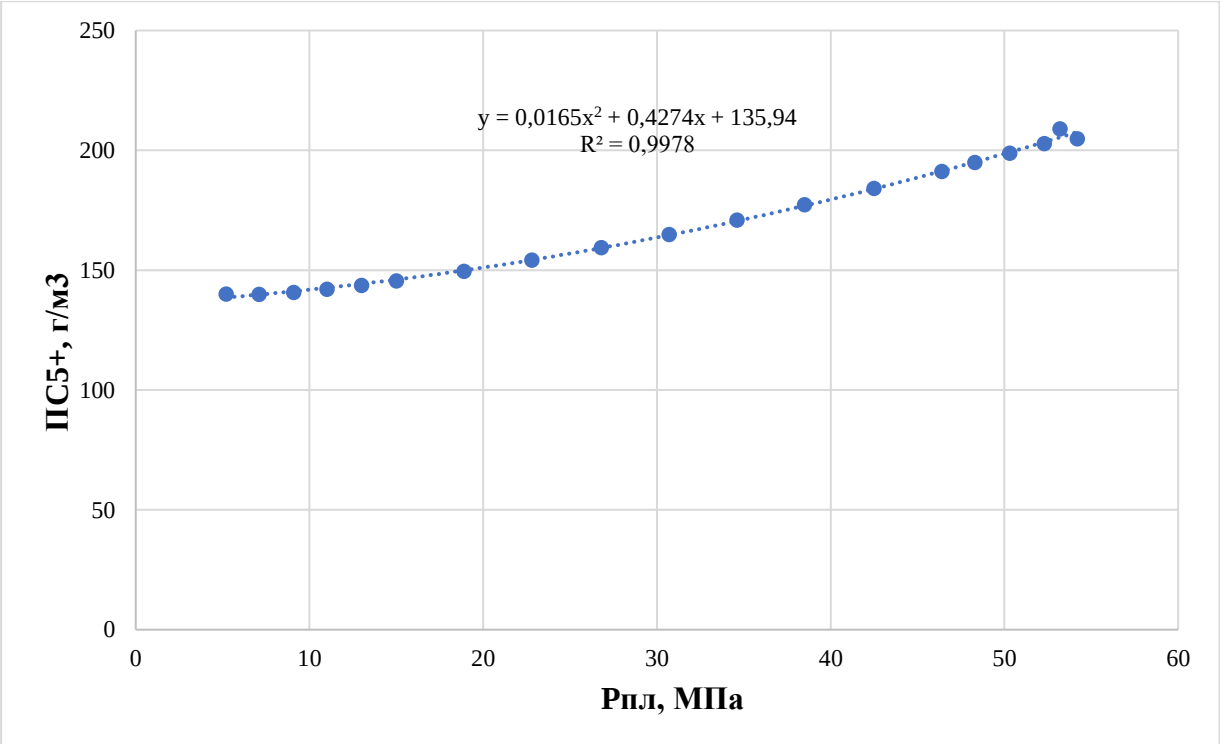


Рис. 1. Изотерма дифференциальной конденсации месторождения Бешкент

ISSN 3030-3907

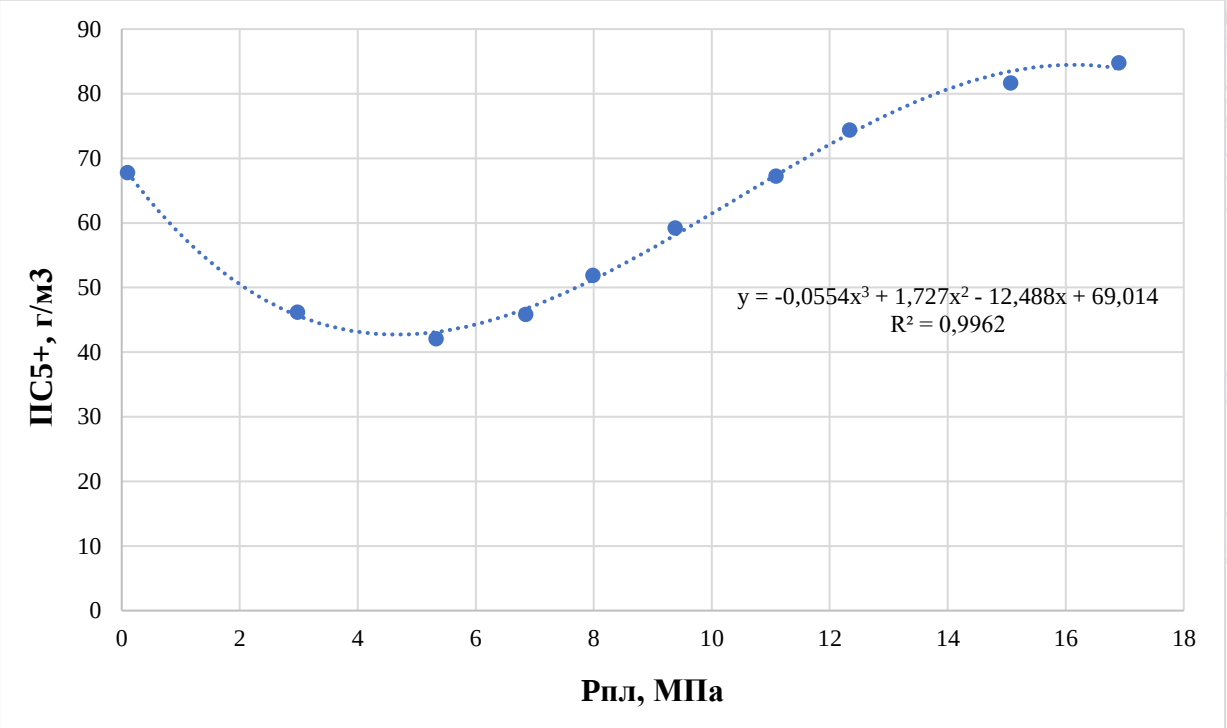


Рис.2. Изотерма дифференциальной конденсации месторождения Адамташ

Как показывает практика разработки большинства газоконденсатных месторождений, по мере снижения пластового давления в процессе добычи углеводородов значения потенциального содержания конденсата в газе и фактического конденсатогазового фактора (КГФ) могут существенно различаться. Данное расхождение может быть связано с процессами выпадения, накопления и последующего выноса жидкой углеводородной фазы в пористой среде и призабойной зоне скважин [2]. Для количественной оценки степени соответствия фактического и потенциального содержания конденсата в данной работе предлагается использовать диагностический параметр V(t), определяемый как отношение фактического конденсатогазового фактора к потенциальному содержанию конденсата при текущем пластовом давлении:

$$V(t) = \frac{КГФ(t)}{ПС_{5+}(t)} \quad (2)$$

Интерпретация параметра (V(t)) основана на анализе соотношения фактического конденсатогазового фактора и потенциального содержания конденсата, определяемого по результатам PVT-исследований.

При **V(t)>1** фактический вынос конденсата превышает его потенциальное содержание при текущем пластовом давлении, что может свидетельствовать о дополнительном выносе ранее накопленной жидкой фазы из призабойной зоны скважины.

ISSN 3030-3907

При **0<V(t)<1** фактический вынос конденсата ниже потенциально возможного. В этом случае часть жидкой фазы может оставаться в призабойной зоне, что приводит к снижению эффективности извлечения конденсата.

При **V(t)→0** вынос конденсата становится незначительным при сохранении добычи газа, что может быть связано с накоплением жидкости в призабойной зоне скважины. В таких условиях целесообразно проведение дополнительных гидродинамических исследований и применение геолого-технических мероприятий по интенсификации работы скважин, включая продувку или циклические методы воздействия (Huff-and-Puff) [5].

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ.

В таблице 2 представлены результаты расчета параметра V(t) для месторождения Бешкент за 4 года его разработки.

Таблица 2

Результаты расчета параметра V(t) для месторождения Бешкент

Годы	$Q_г$, млн. м^3	$Q_к$, тыс. тонн	$P_{пл}$, МПа	$П_{C5+}$, г/м^3	КГФ, г/м^3	V(t)
2007	189,3	28,5	53,4	205,814	150,555	0,732
2008	1223,4	227	41,6	182,274	185,548	1,018
2009	1193,6	218,9	29,8	163,329	183,395	1,123
2010	433,5	51,7	26,3	158,594	119,262	0,752

Как видно из таблицы 1, для месторождения Бешкент в 2007 году значение параметра V(t) составило 0,732, что свидетельствует о том, что фактический конденсатогазовый фактор был ниже потенциального содержания конденсата, определенного по изотерме дифференциальной конденсации. В 2008–2009 годах наблюдалось увеличение параметра V(t) до значений 1,018 и 1,123 соответственно, что может быть связано с улучшением условий выноса жидкой фазы из пласта и призабойной зоны скважин за счет преодоления порога ее подвижности [2]. В 2010 году значение параметра вновь снизилось до 0,752, что свидетельствует о сокращении эффективности выноса конденсата по сравнению с предыдущими годами. Таким образом, динамика параметра V(t) указывает на изменение характера выноса жидкой фазы в процессе разработки месторождения. На рисунке 3 представлены зависимости потенциального содержания конденсата и фактического конденсатогазового фактора от времени для месторождения Бешкент.

ISSN 3030-3907

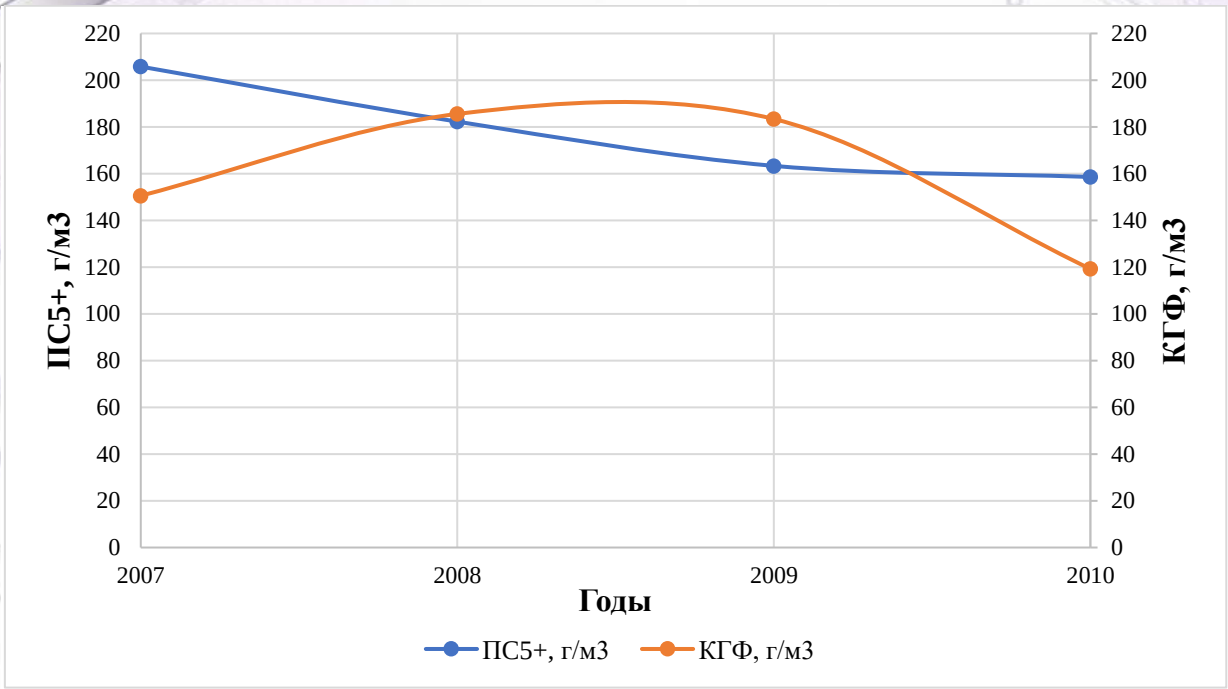


Рис. 3. Динамика потенциального содержания конденсата и конденсатогазового фактора для месторождения Бешкент

В таблице 3 представлены результаты расчета параметра V(t) для месторождения Адамташ за 4 года его разработки.

Таблица 3

Результаты расчета параметра V(t) для месторождения Адамташ

Годы	$Q_г$, млн. м^3	$Q_к$, тыс. тонн	$Р_{пл}$, МПа	$П_{С5+}$, г/м^3	КГФ, г/м^3	V(t)
2017	458,7	57,6	16,47	84,295	125,572	1,490
2018	1197,3	139,5	15,68	84,233	116,512	1,383
2019	1295	140,8	15,15	83,566	108,726	1,301
2020	758,2	78,7	14,75	82,765	103,798	1,254

Как видно из таблицы 3, для месторождения Адамташ на протяжении всего рассматриваемого периода значения параметра V(t) превышают единицу и изменяются от 1,490 в 2017 году до 1,254 в 2020 году. Это свидетельствует о том, что фактический конденсатогазовый фактор на протяжении всего периода разработки оставался выше потенциального содержания конденсата, определяемого по изотерме дифференциальной конденсации при соответствующих пластовых давлениях. Это может указывать на устойчивый вынос жидкой фазы из пласта и отсутствие выраженных признаков ее накопления в призабойной зоне скважин в рассматриваемый период разработки, но при этом заметен тренд на снижение параметра V(t), что может свидетельствовать об уменьшении интенсивности выноса жидкой фазы по мере истощения залежи и снижения пластового давления. Таким образом, для месторождения Адамташ характерен

ISSN 3030-3907

устойчивый режим выноса жидкой фазы на протяжении всего рассматриваемого периода разработки, при этом наблюдается тенденция к постепенному снижению эффективности данного процесса по мере дальнейшего истощения залежи. На рисунке 4 представлены зависимости потенциального содержания конденсата и фактического конденсатогазового фактора от времени для месторождения Адамташ.

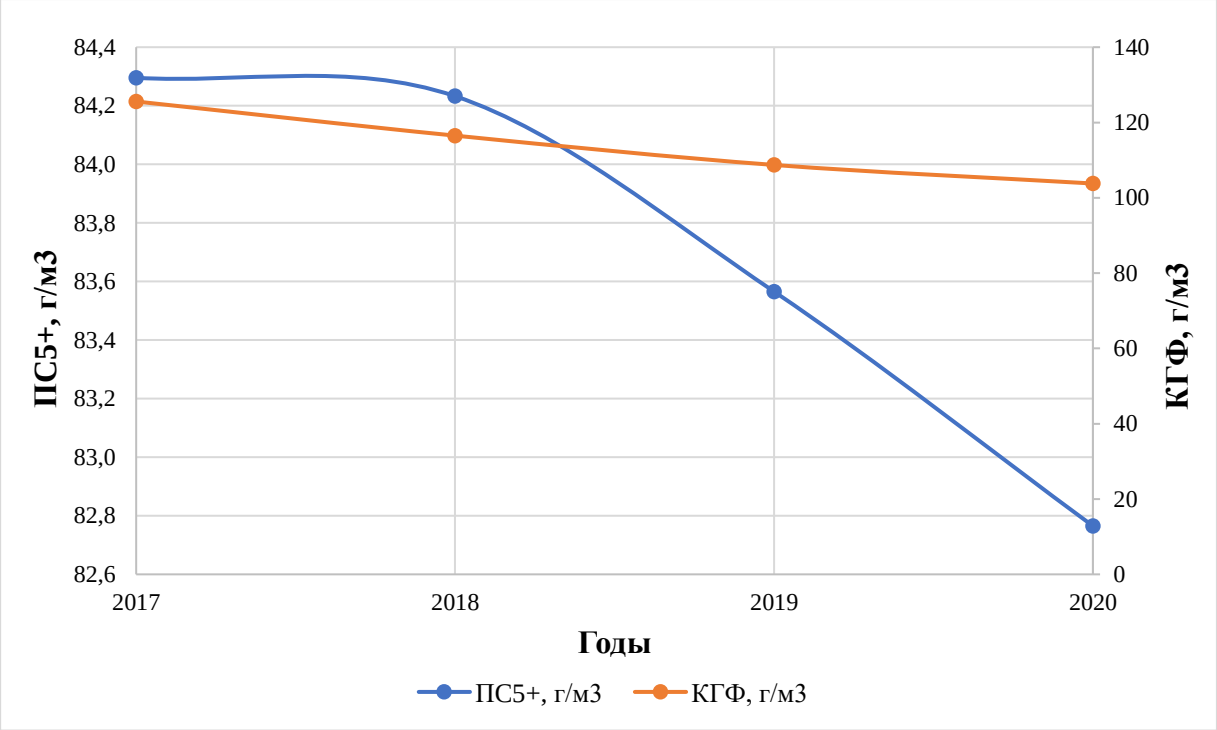


Рисунок 5 - Динамика КГФ для месторождения Адамташ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В работе выполнен сравнительный анализ фактического конденсатогазового фактора и потенциального содержания конденсата для газоконденсатных месторождений Республики Узбекистан с различным содержанием фракции C_{5+}. Установлено, что характер изменения параметра V(t), определяемого как отношение фактического КГФ к потенциальному содержанию конденсата, зависит от особенностей разработки месторождения и может существенно различаться для объектов с разным содержанием конденсата в пластовом газе. Так, для месторождения Бешкент с высоким содержанием конденсата выявлено чередование периодов снижения и увеличения параметра V(t), тогда как для месторождения Адамташ со средним содержанием конденсата на протяжении всего рассматриваемого периода наблюдаются значения V(t) выше единицы при их постепенном снижении по мере истощения залежи.

Полученные результаты показывают, что параметр V(t) может использоваться в качестве простого диагностического инструмента для оценки эффективности выноса жидкой фазы и анализа особенностей

ISSN 3030-3907

разработки газоконденсатных месторождений по данным текущей эксплуатации. Практическая значимость предложенного подхода заключается в возможности оперативного выявления периодов и скважин с повышенным риском накопления жидкости в призабойной зоне, а также в обосновании необходимости проведения дополнительных исследований и мероприятий по интенсификации добычи на поздних стадиях разработки месторождений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке нефтяных и газоконденсатных месторождений. – М.: Недра, 1989. – 272 с.
2. Алиев З.С., Мараков Д.А. Факторы, влияющие на производительность горизонтальных газовых и газоконденсатных скважин, и их учет при проектировании разработки месторождений. – М. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2020. – 256 с.
3. Алиев З.С., Мараков Д.А. Разработка месторождений природных газов: Учебное пособие для вузов. – М.: МАКС Пресс, 2011. – 340 с.
4. Алиев З.С., Самуйлова Л.В. Газогидродинамические исследования газовых и газоконденсатных скважин: Учебное пособие для вузов. – М.: МАКС Пресс, 2011. – 340 с.
5. Тер-Саркисов Р.М., Гриценко А.И., Шандрыгин А.Н. Разработка газоконденсатных месторождений с воздействием на пласт. – М.: Недра, 1996. – 239 с.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНЫХ СУХИЛОК

Р.С.Сафаров
Бухарский государственный университет

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quyosh quritgichlari yordamida quritishning dolzarbligi, quyosh quritgichini ishlash prinsipi, shkafli va issiqxona turidagi quyosh quritgichlari bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlarining tahlili, gibrid quyosh quritgichlari va konstruksiyalari bo‘yicha chet el olimlari tomonidan olib borilgan ilmiy izlanishlarning tahlillari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: quyosh quritgichi, quyosh havo kollektori, havo, harorat, quyosh radiatsiyasi, issiqlik miqdori, issiqlik uzatish.

Аннотация. В данной статье рассматривается значение сушки сельскохозяйственной продукции с использованием солнечных сушилок, принцип работы солнечной сушилки, анализ научно-исследовательских работ по солнечным сушилкам кабинетного и тепличного типа, а также анализ научных исследований, проводимых зарубежными учеными по гибридным солнечным сушилкам и их конструкции.

Ключевые слова: солнечная сушка, солнечный воздушный коллектор, воздух, температура, солнечная радиация, теплоемкость, теплопередача.

Annotation. This article discusses the importance of drying agricultural products using solar dryers, the operating principle of a solar dryer, an analysis of research work on cabinet-type and greenhouse-type solar dryers, as well as an analysis of scientific research conducted by foreign scientists on hybrid solar dryers and their design.

Key words: solar drying, solar air collector, air, temperature, solar radiation, heat capacity, heat transfer.

ВВЕДЕНИЕ.

Традиционным методом длительного хранения сельскохозяйственной продукции является сушка на солнце — бесплатный и возобновляемый источник энергии. Однако для крупномасштабного производства этот метод имеет ряд существенных ограничений: урожай может быть повреждён животными и насекомыми, под воздействием прямых солнечных лучей качество продукции снижается, возможно повреждение росой и дождём, загрязнение пылью и посторонними частицами. Кроме того, данный способ является трудоёмким и требует много времени, а в ночное время и в дождливые дни необходимо укрывать продукцию. Из-за неравномерности процесса сушки существует высокая вероятность развития микроорганизмов. В результате совершенствования технологий сушки на солнце были разработаны закрытые сушильные системы с высокой внутренней температурой.

ISSN 3030-3907

В последние годы проводится большое количество научно-исследовательских работ по использованию солнечной энергии в процессах сушки и максимальному её использованию. Сушка сельскохозяйственной продукции с использованием солнечной энергии широко распространена в нашей стране и во многих регионах мира, особенно в районах с высокой интенсивностью солнечной радиации на протяжении большей части года. Основная причина заключается в том, что солнечные сушилки не требуют энергии в дневное время, а при необходимости сушки в вечернее время или в пасмурную погоду используется дополнительный источник энергии.

Высокотемпературные сушилки, применяемые в развитых странах, экономически эффективны только в крупных агропромышленных комплексах и нецелесообразны для предприятий малой и средней мощности. Поэтому разработка и внедрение недорогих солнечных сушилок в местное производство позволяет значительно сократить потери урожая в период уборки. Возможность производства высококачественной товарной продукции существенно улучшает экономическое положение фермеров. В развивающихся странах низкая рентабельность сельского хозяйства и высокие первоначальные инвестиции в солнечные сушилки препятствуют их широкому применению. Однако если солнечные сушилки изготавливаются из местных материалов — например, из дерева и стекла — они становятся экономически доступными.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Основная задача солнечной сушилки — обеспечить более высокую температуру по сравнению с окружающей средой при требуемом уровне влажности. Солнечная сушилка повышает давление паров влаги внутри продукта и снижает относительную влажность сушильного воздуха, в результате чего содержание влаги в воздухе увеличивается. Воздух забирается из сушилки посредством естественной конвекции или с помощью вентилятора. Проходя через коллектор, воздух нагревается и, отдавая тепло материалу, частично охлаждается. Высушиваемый продукт нагревается как за счёт воздуха, так и за счёт солнечной энергии. Горячий воздух способен поглощать значительно больше влаги, чем холодный, поэтому количество удаляемой влаги зависит от температуры воздуха и его начальной относительной влажности. Начальная влажность и температура воздуха оказывают существенное влияние на его влагопоглощающую способность.В настоящее время наиболее распространёнными типами солнечных сушилок являются шкафные и тепличные.

Шкаф представляет собой большой деревянный или металлический ящик, в котором продукты размещаются на лотках или полках внутри

ISSN 3030-3907

корпуса. Если шкаф изготовлен из прозрачного материала, сушилка называется интегральной или прямой солнечной сушилкой. Если шкаф непрозрачный, сушилка называется распределённой или косвенной солнечной сушилкой. Смешанный тип сушилок объединяет в себе прямые и косвенные солнечные сушилки.

Солнечная лучистая энергия, непосредственно падающая на высушиваемый продукт, и горячий воздух обеспечивают необходимое тепло для процесса сушки. Во многих случаях воздух нагревается при прохождении через солнечный коллектор и по трубопроводу подаётся к продуктам, расположенным на лотках внутри сушилки. Образовавшийся влажный воздух удаляется через вентиляционное отверстие или вытяжку в верхней части шкафа. Для снижения тепловых потерь и увеличения срока службы шкаф должен быть хорошо теплоизолирован. Рекомендуется изготавливать корпус шкафа из металлического листа с применением влагозащитного покрытия. Горячий воздух подаётся до полного высыхания продукта на лотках. Поскольку горячий воздух сначала проходит через нижний лоток, он высыхает первым, а верхний лоток высыхает последним.(Рисунок 1. Шкафная солнечная сушилка)

Преимущества шкафных сушилок:

1) Простота конструкции
2) Низкие затраты на рабочую силу
3) Удобство загрузки и выгрузки продукции
4) Сохранение качества и внешнего вида продукта, так как он не подвергается прямому воздействию солнечных лучей
5) Возможность применения системы аккумуляции тепла

Недостатки:

1) Возможность пересушивания продукта на нижнем лотке
2) Относительно низкая топливная эффективность

На рисунке 1 показана типичная конструкция шкафной солнечной сушилки с естественной конвекцией. Хорошо видно расположение лотков внутри корпуса, вентиляционных отверстий в верхней части и входного отверстия для воздуха в нижней части конструкции.

Активные солнечные сушилки называют принудительно-конвективными или гибридными. В таких сушилках можно обеспечить оптимальный поток воздуха на протяжении всего процесса сушки, а также осуществлять контроль температуры и влажности в широком диапазоне независимо от климатических условий. Высота слоя загрузки ограничена в меньшей степени, и скорость воздушного потока также поддаётся

ISSN 3030-3907

регулированию. Таким образом, производительность и надёжность по сравнению с сушилками с естественной конвекцией значительно возрастают.

Многочисленные исследования показали, что хорошо спроектированные косвенные солнечные сушилки с принудительной конвекцией значительно эффективнее сушилок с естественной конвекцией. Применение принудительной конвекции сокращает время сушки в три раза и позволяет уменьшить необходимую площадь коллектора до 50%. Аналогичные сушилки с вентиляторами отличаются высокой производительностью и обеспечивают сокращение площади коллектора примерно в 6 раз. Вентиляторы могут питаться от электрической сети или от фотоэлектрических панелей. Практически все типы сушилок с естественной конвекцией могут работать и в режиме принудительной конвекции.

Рисунок 2. Активная шкафная солнечная сушилка с принудительной конвекцией



Рисунок 1. Солнечная сушилка со шкафом

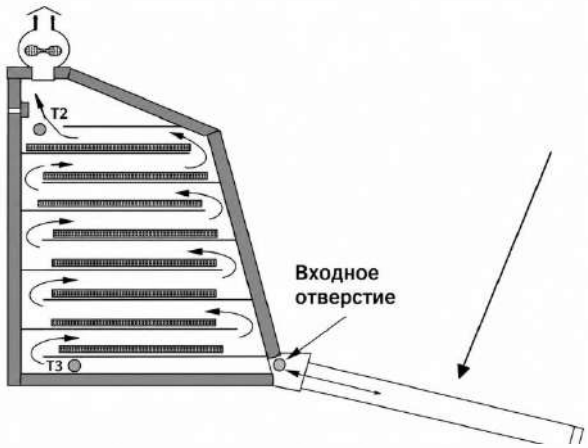


Рисунок 2. Активная шкафная солнечная сушилка

Известно, что в солнечных сушилках для нагрева воздуха используется солнечная энергия, поэтому сушилки работают только в солнечные дни. Для повышения эффективности были предложены тепличные солнечные сушилки, объединяющие в себе солнечный коллектор и тепличную систему. Стены и покрытие таких сушилок изготавливаются из прозрачных материалов — стекла, огнеупорного стекла, ультрафиолетостойкого пластика или поликарбонатных листов. Прозрачные материалы крепятся к опорным элементам или стальным рамам с помощью болтов, гаек и уплотнителей. Для увеличения поглощения солнечной радиации внутри конструкции создаются зачернённые поверхности. Для равномерного распределения сушильного воздуха нагнетающие и вытяжные вентиляторы

ISSN 3030-3907

устанавливаются в правильном положении. Хорошо спроектированные тепличные сушилки обеспечивают высокий уровень контроля процесса сушки и могут широко применяться при крупномасштабной сушке продукции.

Тивари и другие исследователи разработали тепличную сушилку с естественной конвекцией, состоящую из двух параллельных рядов сушильной площади. Решётчатая поверхность из оцинкованной металлической проволоки размещена на деревянных опорах. Неподвижное наклонное стеклянное покрытие над платформой передаёт солнечную радиацию на продукт. Сушилка ориентирована по оси север-юг для максимального поглощения солнечной радиации и имеет внутренние стенки с чёрным покрытием. Крышка из оцинкованного листа размещена над покрытием для обеспечения выхода воздуха. Жалюзи с внешней стороны платформы регулируют приток воздуха.

Упрощённая типовая конструкция тепличной солнечной сушилки с естественной циркуляцией состоит из прозрачной полуцилиндрической сушильной камеры и прикреплённой к ней цилиндрической воздушной трубы. Максимальная высота воздушной трубы над сушильной камерой составляет 3 м, диаметр — 1,64 м. Сушилка работает за счёт прямого воздействия солнечной энергии на продукты, находящиеся внутри. Чёрный абсорбер, подвешенный вертикально внутри воздушной трубы, поглощает солнечное излучение и нагревается, в результате чего нагревает окружающий воздух. При подъёме этого горячего воздуха через другой конец сушилки поступает свежий воздух.(Рисунок 3. Тепличная солнечная сушилка)

Преимущества тепличных сушилок:

- Низкая стоимость
- Простота в строительстве и эксплуатации
- Возможность использования при крупномасштабной сушке

Недостатки:

- При высокой скорости ветра существует вероятность повреждения продукции

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Фазово-переходный материал (ФПМ) — это вещество, обладающее высокой теплотой плавления и затвердевания (скрытой теплотой) при определённой температуре и способностью накапливать большое количество тепла и выделять его при изменении фазового состояния. Такие материалы существуют двух видов: явные (температура изменяется) и скрытые (температура остаётся постоянной).

ISSN 3030-3907

ФПМ изменяет фазу при постоянной температуре, накапливает большое количество тепла, а затем снова изменяет фазу и выделяет накопленное тепло, которое может быть использовано для нагрева или сушки. Наиболее широко применяются твёрдо-жидкие ФПМ. При переходе материала из твёрдого состояния в жидкое или обратно происходит передача тепла. Изначально твёрдо-жидкие ФПМ применялись только для хранения тепла, при этом наблюдалось повышение температуры при поглощении тепла. Современные ФПМ поглощают и выделяют тепло при постоянной температуре. Они способны накапливать в единице объёма в 5–14 раз больше энергии по сравнению с водой. Это делает их чрезвычайно перспективными для использования в солнечных сушилках, особенно для обеспечения непрерывной работы в ночное время или в пасмурную погоду.(Рисунок 4. Солнечная сушилка с фазово-переходным материалом (ФПМ)).

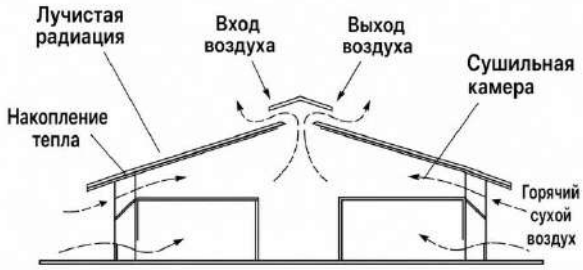


Рисунок 3.Тепличная солнечная сушилка

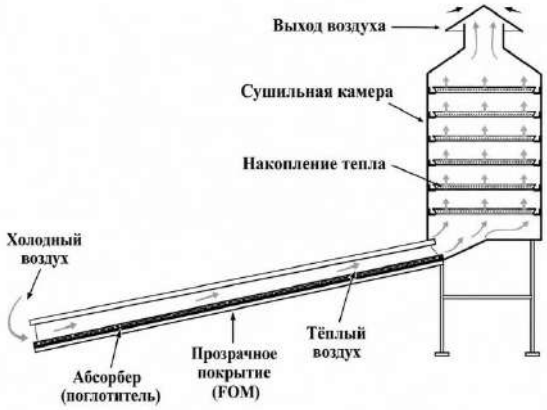


Рисунок 4. Солнечная сушилка из пенополистирола



Рисунок 5. Солнечная сушильная система с солнечным воздушным коллектором

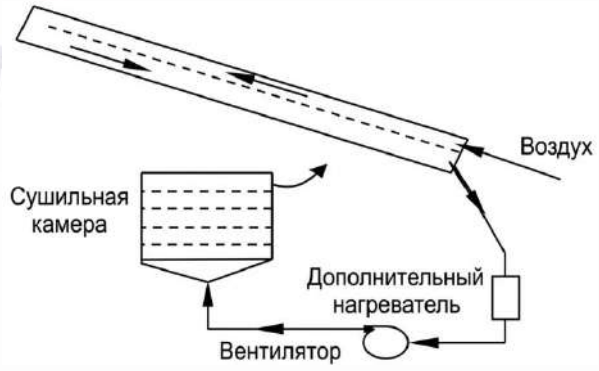
Прасад и Сингх установили, что при средней солнечной радиации 700 Вт/м², площади коллектора 15 м² и скорости воздушного потока 15,1 м³/мин средняя температура воздуха на выходе достигает 50°C. Ими были проведены экспериментальные исследования эффективности системы при сушке чая и перца в солнечной сушилке. Горячий воздух из выходного

ISSN 3030-3907

отверстия коллектора подаётся в сушильную камеру. Для обеспечения непрерывной работы и эффективного контроля температуры использовался дополнительный источник тепла мощностью 10 кВт.

Начальная влажность свежих чайных листьев составляла 87%, и её требовалось снизить до 54%. При падении температуры в сушильной камере ниже 50°C включался вспомогательный нагреватель. Скорость воздушного потока составляла 15,1 м³/мин. Начальная масса чая составляла 10,03 кг, конечная масса — 2,86 кг.

Рисунок 5. Солнечная сушильная система с солнечным воздушным коллектором.



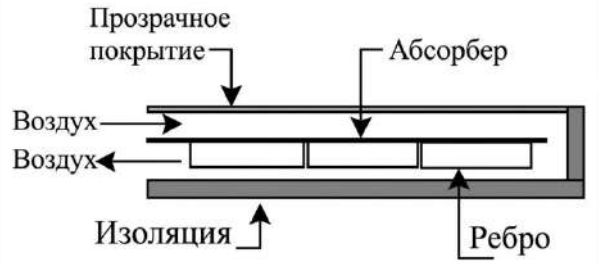


Рисунок 6. Ребристый двухходовой коллектор

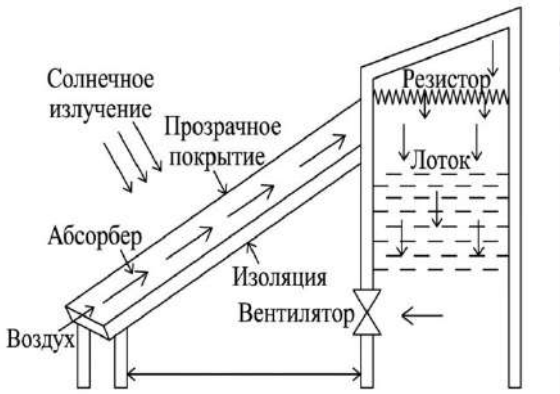


Рисунок 7. Солнечная сушильная система с непрямым нагревом

В двухходовом солнечном воздушном коллекторе воздух сначала проходит через чёрную абсорбирующую пластину, затем через систему рёбер, увеличивающих поверхность теплопередачи, в результате чего температура воздуха значительно возрастает.

Сопиан и другие исследователи разработали сушильную систему ёмкостью 300 кг. Основные компоненты системы включают массив солнечных коллекторов, вспомогательный нагреватель, вентилятор и сушильную камеру. Размеры камеры: длина 4,8 м, ширина 1 м, высота 0,6 м. Четыре коллектора установлены последовательно. Площадь коллектора составляет 11,52 м², массовый расход воздуха — 0,05–0,12 кг/с, средняя температура сушки — от 50 до 65°C. Система используется для сушки морских водорослей. В условиях сушки на открытом воздухе обычно

ISSN 3030-3907

требуется 10–14 дней. Начальная и конечная влажность морских водорослей составляет 90% и 10% соответственно. При средней солнечной радиации 544 Вт/м² и скорости воздушного потока 0,06 кг/с время сушки составило 14 часов. Для материала массой 40 кг КПД коллектора и сушильной системы составил 37% и 27% соответственно (Рисунок 6а и 6б. Двухходовой коллектор с рёбрами теплообмена).

В гибридных солнечных сушилках помимо солнечного коллектора имеется дополнительный источник нагрева воздуха, что значительно повышает общую температуру сушильного воздуха. Такая сушильная система работает непрерывно и может функционировать даже при отсутствии солнечного излучения — ночью и в пасмурную погоду. Это является ключевым преимуществом гибридных систем перед чисто солнечными.Мирзаи и другие исследователи провели анализ непрерывной активной гибридной солнечно-электрической сушилки. Данная гибридная сушилка состоит из солнечного коллектора, сушильной камеры, вентилятора, резистивного нагревателя мощностью 3,75 кВт и терморегулятора.

Площадь солнечного воздушного коллектора составляет 2,45 м², угол установки — 31°. Толщина абсорбера — 2 мм, толщина прозрачного покрытия — 5 мм, внешняя сторона теплоизолирована полистиролом. Воздух проходит между стеклом и абсорбером. Солнечный коллектор непосредственно подключён к сушильной камере.

Размеры сушильной камеры составляют 1,65×0,60×1,0 м, внутри размещены шесть лотков площадью 0,4 м² каждый. Корпус лотка изготовлен из дерева, средняя часть покрыта проволочной сеткой. Дверь сушильной камеры герметично закрывается для минимизации тепловых потерь. Для регулирования температуры воздуха в процессе сушки установлен вспомогательный нагреватель. Первоначальный нагрев воздуха осуществляется за счёт солнечной радиации. Если температура ниже требуемой, воздух дополнительно нагревается с помощью электрического сопротивления, после чего вытяжным вентилятором прогоняется вокруг продукта. Диаметр вытяжного вентилятора — 20 см, управление расходом воздуха осуществляется вручную с помощью клапана. Для равномерного распределения воздуха и полного контроля влажности продукта вентилятор размещён под лотком.(Рисунок 7. Косвенная гибридная солнечно-электрическая сушильная система)

ВЫВОД.

Одной из наиболее перспективных областей применения солнечной энергии является сушка сельскохозяйственной продукции. В развитых странах потери при сушке фруктов и овощей составляют 30–40% от объёма

ISSN 3030-3907

производства. Среди рассмотренных типов солнечных сушилок шкафные солнечные сушилки показывают превосходство по скорости и качеству сушки. Для сушки больших объёмов сельскохозяйственной продукции использование тепличных солнечных сушилок позволяет повысить эффективность сушильной системы.Из проведённого анализа следует, что выбор высокоэффективных солнечных сушилок зависит от вида высушиваемой сельскохозяйственной продукции, климатических условий и конструкции установки.Следует также отметить, что современные тенденции в области солнечных сушилок направлены на интеграцию возобновляемых источников энергии — в частности, фотоэлектрических панелей — с традиционными солнечными коллекторами, что позволяет создавать полностью автономные и экологически чистые системы сушки. Применение интеллектуальных систем управления и мониторинга на основе датчиков температуры, влажности и скорости воздуха открывает возможности для автоматизации процесса и достижения стабильно высокого качества готовой продукции. Использование фазово-переходных материалов в конструкции солнечных сушилок является особенно перспективным направлением, так как позволяет существенно сгладить нестабильность солнечной радиации и обеспечить практически круглосуточную работу сушильных систем без использования ископаемого топлива.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Tiwari. A Review on Solar Drying of Agricultural Produce. J Food Process Technol. V.7, I.9, 10006232016, 2016.
2. A. Tiwari. A Review on Solar Drying of Agricultural Produce. J. Food Process Technol. 2016, 7, 1000623.
3. H. El Hage, A. Herez, M. Ramadan, H. Bazzi, M. Khaled. An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. Energy, 157, 2018. – p. 815–829.
4. N.M. Ortiz-Rodriguez, M. Condor, G. Duran, O. Garcia-Valladares. Solar drying Technologies: A review and future research directions with a focus on agro-industrial applications in medium and large scale. Appl. Therm. Eng. 2022, 215, 118993.
5. Y. Li, H.F. Li, Y.Y. Dai, S.F. Gao, L. Wei et al. Experimental investigation on a solar assisted heat pump in-store drying system. Appl Therma Eng 31, 2011. – p. 1718-1724.
6. M.I. Ismail, N.A. Yunus, H. Hashim, H. Integration of solar heating systems for low-temperature heat demand in food processing industry-A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2021, 147, 111192.

ISSN 3030-3907

7. P. Singh Chauhan, A. Kumar, P. Tekasakul. Applications of software in solar drying systems: A review. Renew. Sustain. Energy Rev., 51, 2015. – p. 1326-1337.
8. H. Essalhi, M. Benchrifa, R. Tadili, M.N. Bargach. Experimental and theoretical analysis of drying grapes under an indirect solar dryer and in open sun. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 49, 2018. – p. 58-64.
9. A. Kumar, K.U. Singh, M.K. Singh, A.K.S. Kushwaha, A. Kumar, S. Mahato. Retracted: Design and Fabrication of Solar Dryer System for Food Preservation of Vegetables or Fruit. J. Food Qual. 2023, 9760148.
10. S. Tiwari, G.N. Tiwari, I.M. Al-Helal. Development and recent trends in greenhouse dryer: A review. Renew. Sustain. Energy Rev., 65, 2016. – p. 1048-1064.
11. M. Sharma, D. Atheaya, A. Kumar, A. Recent advancements of PCM based indirect type solar drying systems: A state of art. Mater. Today Proc., 47, 2021. – p. 5852-5855.
12. A.K. Prasad, M.L. Singh. Design and analysis of different types of solar collector for solar air dryer: A review. In Proceedings of the 2022 1st IEEE International Conference on Industrial Electronics: Developments & Applications (ICIDeA), Bhubaneswar, India, 15–16 October 2022. – p. 169-174.
13. K. Sopian, M.A. Alghoul, E.M. Alfegi, M.Y. Sulaiman, E.A. Musa EA. Evaluation of thermal efficiency of double pass solar collector with porous-nonporous media. Renew Energy 34, 2009. – p. 640-645.
14. S. Mirzaei, M. Ameri, H. Mortezapour. Comparative energy-exergy and economic-environmental analyses of recently advanced solar photovoltaic and photovoltaic thermal hybrid dryers: A review. Dry. Technol., 41, 2022. – p. 655-706.

ISSN 3030-3907

SHARBAT KONSERVALASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI: ZAMONAVIY USULLAR, QURILMALAR VA SIFATNI BOSHQARISH

Elmanov Abbos Begmat o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti Shahrisabz oziq-ovqat muhandisligi fakulteti
“Sanoat muhandisligi va menejmenti” kafedrasi t.f.f.d. dotsenti
E-mail: a.elmanov@kstu.uz
Musurmonova Dilnoza Dilshod qizi
Qarshi davlat texnika universiteti Shahrisabz oziq-ovqat muhandisligi fakulteti
“Sanoat muhandisligi va menejmenti” kafedrasi 1-kurs magsitranti
E-mail: dilnozamusurmonova72@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada sharbatlarni saqlash muddatini uzaytirish va mahsulot sifatini yuqori darajada ushlab turish maqsadida qo‘llaniladigan konservalash texnologiyalarining ilmiy asoslari, amaliy qo‘llanilishi va qurilmaviy yechimlari tizimli tarzda o‘rganiladi. Issiqlik bilan ishlov berish, past harorat, kimyoviy konservantlar, inert gaz muhiti, yuqori bosim, impuls elektr maydoni va UV-nurlanish usullari qiyosiy tahlil qilinadi. Mahalliy meva-sabzavot xom ashyosi uchun optimallashtirish masalalari va «oziq moddalar saqlanishi — mahsulot xavfsizligi» murosasini topishning zamonaviy yondashuvlari muhokama qilinadi.

Kalit so‘zlar: konservalash, pasterizatsiya, sterilizatsiya, yuqori bosimli ishlov berish (HPP), pulsed electric field (PEF), UV-nurlanish, antioxidantlar, sharbat xavfsizligi, sovuq zanjir.

Аннотация. В данной статье рассмотрены теоретические и практические основы современных технологий консервирования фруктовых и овощных соков, направленных на увеличение срока хранения продукции, обеспечение её микробиологической безопасности и максимальное сохранение биологически активных веществ. В исследовании проведена сравнительная оценка традиционных методов тепловой обработки (пастеризации и стерилизации) и инновационных нетермических технологий, включая обработку высоким давлением (High Pressure Processing, HPP), импульсное электрическое поле (Pulsed Electric Field, PEF), ультрафиолетовое излучение (UV-C), хранение в среде инертных газов и технологии холодовой цепи. Рассмотрена эффективность каждого метода с точки зрения инактивации микроорганизмов, сохранения витаминов и антиоксидантов, энергопотребления и экономической эффективности. Кроме того, проанализированы основные виды технологического оборудования, используемого в процессах консервирования, их конструктивные особенности и принципы работы. Особое внимание уделено вопросам оптимизации технологических параметров для соков, производимых из местного плодоовощного сырья. Полученные результаты создают научную

ISSN 3030-3907

основу для выбора эффективных технологических решений, обеспечивающих качество и безопасность продукции при сохранении её пищевой ценности в условиях промышленного производства соков.

Ключевые слова: консервирование соков, пастеризация, стерилизация, обработка высоким давлением (HPP), импульсное электрическое поле (PEF), УФ-излучение (UV-C), микробиологическая безопасность, антиоксиданты, витамины, пищевая технология, контроль качества, холодовая цепь.

Abstract. This article analyzes the theoretical and practical foundations of modern juice preservation technologies aimed at extending shelf life, ensuring microbiological safety, and maximizing the retention of biologically active compounds in fruit and vegetable juices. The study comparatively evaluates traditional thermal treatment methods (pasteurization and sterilization) alongside innovative non-thermal technologies, including High Pressure Processing (HPP), Pulsed Electric Field (PEF), ultraviolet irradiation (UV-C), inert gas packaging, and cold chain technologies. The effectiveness of each method is assessed in terms of microbial inactivation, retention of vitamins and antioxidants, energy consumption, and economic efficiency. Furthermore, the main technological equipment used in preservation processes, their design characteristics, and operating principles are examined. Particular attention is given to the optimization of technological parameters for juices produced from locally available fruit and vegetable raw materials. The findings provide a scientific basis for selecting efficient technological solutions that ensure product quality and safety while preserving nutritional value in industrial juice production.

Keywords: juice preservation, pasteurization, sterilization, High Pressure Processing (HPP), Pulsed Electric Field (PEF), UV-C irradiation, microbiological safety, antioxidants, vitamins, food technology, quality control, cold chain.

KIRISH.

Sharbat va meva ichimliklarini konservalash — mahsulotning mikrobiologik xavfsizligini ta'minlash bilan birga, iste'molchiga biologik faol moddalar, vitaminlar va tabiiy aroma-xususiyatlarini imkon qadar to‘liq yetkazib berishni maqsad qilgan texnologik muammodir. Bu ikki vazifani bir vaqtda hal qilish uzoq vaqtdan beri oziq-ovqat texnologiyasining markaziy ilmiy muammolaridan biri bo‘lib kelgan.

Jahon sog‘lomlashtirish tashkilotining ma'lumotlariga ko‘ra, oziq-ovqatdan yuqadigan kasalliklarning 30% dan ortig‘i noto‘g‘ri saqlangan yoki qayta ishlangan suyuq mahsulotlar bilan bog‘liq. Sharbat sanoatida asosiy patogenlar — Listeria monocytogenes, E. coli O157:H7, Salmonella spp. va Cryptosporidium — kislotali muhitda ham tirik qola olishi ularni ayniqsa xavfli qiladi.

ISSN 3030-3907

An'anaviy issiqlik bilan ishlov berish (pasterizatsiya va sterilizatsiya) mikrobiologik xavfsizlikni ta'minlasa-da, termolabil vitaminlar, polefenollar va aroma moddalarining sezilarli yo‘qolishiga olib keladi. Bunga muqobil sifatida so‘nggi 20 yilda «sovuq» konservalash texnologiyalari — HPP, PEF, UV va mikrofiltrasiya — sanoat miqyosida kirib kelmoqda. Ushbu maqolaning maqsadi mazkur texnologiyalarni ilmiy-texnik jihatdan solishtirish va mahalliy sanoat uchun tatbiq etish imkoniyatlarini baholashdan iborat.

KONSERVALASHTIRISH JARAYONINING ILMIY ASOSLARI

Mikroorganizmlarning o‘sish kinetikasi bakteriyalar, mayda zamburug‘lar va achitqilar sharoitga qarab logarifmik tarzda ko‘payadi. Ularning nobud bo‘lish kinetikasi birinchi tartibli tenglama bilan ifodalanadi:

$$\ln(N/N_0) = -k \cdot t$$

bu yerda N — t vaqtdagi tirik hujayralar soni, N_0 — boshlang‘ich soni, k — tezlik doimiysi (s^{-1}). D-qiymat (bir logarifmik darajaga kamaytirish uchun kerakli vaqt) konservalash rejimlari standartining asosi hisoblanadi. Masalan, Salmonella uchun 70°C da D-qiymat taxminan 0,1–1 daqiqani tashkil etadi.

F_0 va z-qiymatlari — sterilizatsiya ekvivalenti

Issiqlik ishlov berishni standartlashtirish uchun F_0 — 121°C da 1 daqiqa sterilizatsiyaga ekvivalent jarayon intensivligi — qiymatidan foydalaniladi. z-qiymat esa D-qiymatni bir logarifmik darajaga o‘zgartirish uchun zarur harorat farqini bildiradi (odatda 10°C). Sharbat uchun F_0 = 3–6 daqiqa maqbul deb hisoblanadi, ya'ni kuchli sporter sporalarini 10^6 baravarga kamaytirish ta'minlanadi.

pH, suv aktivligi va redoks potentsiali

Sharbatning pH qiymati (odatda 2,8–4,5) asosiy tabiiy konservant hisoblanadi. pH < 4,6 sharoitida Clostridium botulinum spory unib chiqolmaydi — bu pasterizatsiyaning sterilizatsiyaga nisbatan yetarliligini asoslaydi. Suv aktivligi (aW) 0,85 dan past bo‘lganda bakteriyalar ko‘paya olmaydi; konsentrlangan shiralar va jamlar uchun bu ko‘rsatkich muhim. Redoks potentsiali (Eh) anaerob mikroorganizmlarning rivojlanishiga ta'sir ko‘rsatadi: inert gaz muhiti Eh ni pasaytiradi va oksidlovchi jarayonlarni sekinlashtiradi.

ISSIQLIK BILAN KONSERVALASH USULLAR.

Pasterizatsiya — mahsulotni 60–100°C haroratga ma'lum vaqt davomida qizdirish jarayoni. Pastöer 1864 yilda kashf etgan ushbu usul hozir ham eng keng tarqalgan konservalash texnologiyasi hisoblanadi. Sharbatlar uchun uch asosiy rejim qo‘llaniladi:

- Sekin pasterizatsiya (LTLT — Low Temperature Long Time): 63–65°C, 30 daqiqa. Kichik hajmli idishlarda paketlash uchun mos.

ISSN 3030-3907

- Tez pasterizatsiya (HTST — High Temperature Short Time): 72–75°C, 15–30 soniya. Plastinali issiqlik almashinuvchilar orqali uzluksiz oqimda amalga oshiriladi.

- Ultra-yuqori harorat ishlov berish (UHT): 130–145°C, 2–6 soniya. Tetra Pak tipidagi aseptik qadoqlash bilan birga qo‘llanilib, xona haroratida 6–12 oy saqlash muddatini ta'minlaydi.

HTST va UHT tizimlari plastinali va trubkali issiqlik almashinuvchilar yordamida amalga oshiriladi. Regeneratsiya koeffitsienti 90–95% bo‘lgan zamonaviy qurilmalar energiya sarfini 4–5 baravarga kamaytiradi.

Sterilizatsiya

pH > 4,6 bo‘lgan sabzavot sharbatlari uchun 121°C dan yuqori haroratda sterilizatsiya talab etiladi. Retort sterilizatsiyasi — germetik yopilgan idishlarni avtoklavda 115–125°C da 20–45 daqiqa ishlov berish — uzoq muddatli saqlashni ta'minlaydi. Biroq bunday sharoitda C vitamini 40–80% gacha yo‘qolishi, Millard reaksiyasi natijasida rang o‘zgarishi va aroma profili buzilishi kuzatiladi.

Ohmic isitish

Elektr toki o‘tkazilganda mahsulotning ichki qarshiligi tufayli issiqlik hosil bo‘ladigan Om isitish usuli an'anaviy issiqlik almashinuvchilariga nisbatan bir necha afzalliklarga ega. Isitish bir xil taqsimlanadi, yuzaga yopishish (fouling) muammosi yo‘q va jarayon vaqti 3–5 marta qisqaradi. Sitrus va yong‘oq sharbatlarida Om isitish C vitamini saqlanishini 10–15% yaxshilaydi.

«SOVUQ» KONSERVALASH TEXNOLOGIYALARI.

Yuqori bosimli ishlov berish (HPP — High Pressure Processing)

HPP texnologiyasida mahsulot 300–600 MPa (3000–6000 atmosfera) bosimga 1–5 daqiqa davomida ta'sir qilinadi. Izostatic bosim mahsulotning barcha nuqtasiga bir xil ta'sir ko‘rsatadi — Pascal qonuniga muvofiq. Bu bosim mikroorganizmlar hujayrasi membranasini buzadi, fermentlar strukturasini o‘zgartiradi va spory bo‘lmagan barcha vegetativ shakllarni nobud qiladi.

HPP ning asosiy afzalligi shundaki, kovalent bog‘lar (vitaminlar, rang pigmentlari, aroma moddalar) parchalanmaydi — faqat yuqori molekular og‘irlikdagi oqsillar va polisaxaridlar ta'sirlanadi. Natijada, HPP sharbatida C vitamini 95% gacha, antosianlar 90% gacha saqlanib qoladi. Saqlash muddati 2–4°C da 30–90 kungacha yetadi.

Sanoat HPP qurilmalari (Hiperbaric, Avure Technologies) 50–800 litr sig‘imli statsionar po‘lat silindr va gidravlik nasos tizimidan iborat. Kapital xarajatlar yuqori (1–5 mln. dollar), biroq premium segmentda to‘la o‘zini oqlaydi.

Impuls elektr maydoni (PEF — Pulsed Electric Field)

1–50 kV/sm kuchlanishli qisqa elektr impulslari (1–100 mkson) hujayra membranasida qaytmas elektroporatsiya hosil qiladi. PEF tizimi generator,

ISSN 3030-3907

kondensator batareyasi va davolanish kamerasi (treatment chamber)dan iborat. Mahsulot oqim holida kameradan o‘tadi — uzluksiz jarayon uchun qulay.

PEF da harorat 35–50°C gacha ko‘tariladi, bu termolabil moddalarga minimal ta'sir ko‘rsatadi. Citrus sharbatida PEF qo‘llaganda limonin miqdori (achchiq ta'm manbai) 20–30% kamayadi — bu qo‘shimcha texnologik afzallik. Energiya sarfi 10–50 kJ/kg — HTST ga qaraganda 5–10 marta kam.

UV-nurlanish (ultraviolet processing)

253,7 nm to‘lqin uzunligidagi UV-C nuri DNK ni shikastlaydi va replikatsiyani bloklaydi — bu mexanizm barcha mikroorganizmlar uchun universal. Dean Flow reaktorlari yoki Dean Flow Thin Film reaktorlari sharbatni yupqa qatlam holida UV manbai yonidan o‘tkazadi. UV doza 400–1200 mJ/cm² maqbul deb topilgan.

UV nurlanish rangni o‘zgartirmaydi, aroma profiliga ta'sir qilmaydi va hech qanday kimyoviy qoldiq qoldirmaydi. Sifot sharbatlari (olma, uzum, qovoq) uchun ayniqsa mos. Asosiy cheklov: shaffof bo‘lmagan (bulutli, yuqori polpa) sharbatlarda nur chuqurlikka o‘tolmaydi.

Mikrofiltrasiya va steril filtrasiya

0,1–0,45 mkm teshikli membrana filtrlari bakteriyalar va achitqilarni mexanik tutib qoladi. Bu usul ayniqsa sovuqda fermentatsiyalanuvchi olma va uzum sharbatlari uchun qo‘llaniladi. Steril filtrasiya natijasida olingan mahsulot «sovuq» yoki «raw» sharbat sifatida talabgir bozor segmentiga mo‘ljallangan.

KIMYOVIY KONSERVANTLAR VA TABIIY ANTIMIKROB MODDALAR.

An'anaviy kimyoviy konservantlar

Sharbat sanoatida ruxsat etilgan kimyoviy konservantlar orasida kaliy sorbat (E202), natriy benzoat (E211) va sulfur dioksid (E220/E221) eng keng tarqalgani. Kaliy sorbat 0,05–0,1% miqdorda qo‘llanilib, achitqilar va mog‘orga qarshi samarali; benzoat esa kislotali muhitda bakteriostatik ta'sir ko‘rsatadi. SO_2 sharbatlarda rang barqarorligini ta'minlaydi va oksidlanishning oldini oladi.

Biroq zamonaviy iste'molchilar «toza tarkib» (clean label) mahsulotlarga talab qo‘ymoqda. Benzoatning benzol hosil qilishi (askorbin kislota bilan reaksiyada) va sulfitlarga allergik reaktsiya xavfi sababli bu konservantlardan voz kechishga intilish kuchaymoqda.

Tabiiy antimikrob moddalar

O‘simlik kelib chiqadigan tabiiy birikmalar konservantlarga muqobil sifatida intensiv o‘rganilmoqda. Nisin (Lactococcus lactis tomonidan ishlab chiqariladigan peptid) gram-musbat bakteriyalarga qarshi samarali; epigallokatexin gallat (EGCG, yashil choy ekstrakti) keng spektrli antimikrob ta'sirga ega. Uzum donagi

ISSN 3030-3907

ekstrakti (OPC), ziravorlar efir moylari (timol, karvakrol) va laktoperoksidaza tizimi ham muvaffaqiyatli sinovdan o‘tgan.

Laktotransferrin va lizosim fermentlari sut sanoatidan sharbatchilikka o‘tkazilgan va pH 3,5–5,0 sharoitida faol bo‘lishi aniqlangan. Ushbu tabiiy tizimlar HPP yoki UV bilan kombinatsiyalanganida sinergetik effekt beradi — bitta usulga nisbatan doza 30–50% kamayadi.

KONSERVALASH USULLARINING QIYOSIY TAHLILI.

1-Jadval.

Asosiy konservalash texnologiyalarining ko‘rsatkichlari

Usul	Harorat	Vitamin saqlanishi	Saqlash muddati	Kapital xarajat	Asosiy cheklov
HTST (72°C, 15s)	Yuqori	O‘rtacha (70–80%)	Sovutgichda 21 kun	Past	Termolabil yo‘qotish
UHT (140°C, 4s)	Juda yuqori	Past (50–65%)	6–12 oy (xona)	O‘rtacha	Kuchli issiqlik ta'siri
HPP (600 MPa)	Xona T°	Juda yuqori (92–97%)	Sovutgichda 60–90 kun	Juda yuqori	Uzluksiz jarayon yo‘q
PEF	Past (35–50°C)	Yuqori (85–93%)	Sovutgichda 30–45 kun	Yuqori	Yuqori o‘tkazuvchanlik kerak
UV-C	Xona T°	Juda yuqori (95–99%)	Sovutgichda 14–28 kun	O‘rtacha	Bulutli sharbat emas
Kimyoviy (sorbat)	Xona T°	Yuqori	3–6 oy	Juda past	Clean label talabi

QADOQLASH VA ASEPTIK TEXNOLOGIYALAR.

Aseptik qadoqlash tizimlari

ISSN 3030-3907

Aseptik texnologiya mahsulot va qadoqni alohida sterilizatsiya qilgach, steril muhitda birlashtirish jarayonidir. Tetra Pak, Combibloc va SIG Combifit kabi tizimlar H_2O_2 va UV kombinatsiyasida qadoq materialini sterilizatsiya qiladi. Bunday tizimlar UHT mahsulotlar uchun ideal bo‘lib, xona haroratida 12 oygacha saqlash muddatini ta'minlaydi.

Bag-in-Box (BIB) tizimi katta hajmli (5–1000 litr) aseptik qadoqlash uchun mo‘ljallangan. Oksigenga o‘tkazmaydigan ko‘p qavatli film va yopuvchi klapan oksidlanishni oldini oladi. Restoran va umumiy ovqatlanish muassasalari uchun keng qo‘llaniladi.

Qadoq materiali va oksigen barriyer

Sharbat saqlanishida oksigenning roli juda muhim: O_2 konsentratsiyasining 1 mg/L dan oshishi C vitaminini sezilarli parchalaydi va rangni o‘zgartiradi. Zamonaviy qadoq materiallari — PET + EVOH ko‘p qavatli, oksigenni bog‘lovchi (OAS — Oxygen Absorbing Systems) plastiklar va metallashtirilgan folga — oksigen o‘tkazuvchanligini 0,01 cm^3/paket·sutka darajasiga tushiradi.

Inert gaz (N_2 yoki CO_2) bilan qadoq ustki bo‘shlig‘ini to‘ldirish (head-space flushing) o‘rtacha oksigen kontsentratsiyasini 1–2% dan 0,5–1% gacha kamaytiradi. Bu oddiy va arzon yechim saqlash muddatini 20–30% uzaytiradi.

SOVUQ ZANJIR BOSHQARUVI VA HACCP TIZIMI.

Eng zamonaviy konservalash texnologiyasi ham sovuq zanjir (cold chain) buzilsa o‘z samaradorligini yo‘qotadi. HPP yoki PEF bilan ishlov berilgan mahsulotlar 0–4°C da saqlanishi va transportlanishi shart. Temperaturani nazorat qiluvchi aqlli etiketlar (time-temperature indicator) va IoT sensorlar zanjirning to‘liq kuzatilishini ta'minlaydi.

HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points) tizimi sharbat ishlab chiqarishda quyidagi kritik nazorat nuqtalarini (CCP) belgilaydi: xom ashyo qabul qilish harorati, ekstraksiya va aralashma bosqichidagi pH monitoring, konservalash jarayoni parametrlari (harorat, vaqt, bosim), aseptik qadoqlash muhitining sterillik nazorati, tayyor mahsulot saqlash harorati. Har bir CCP uchun ogihlantirish chegaralari, monitoring usullari va korrektsiya choralari belgilanadi.

Zamonaviy MES (Manufacturing Execution System) va ERP tizimlari bilan integratsiyalashgan HACCP dasturiy ta'minoti real vaqtda monitoring, avtomatik ogihlantirish va to‘liq kuzatuvchanlik (traceability) imkonini beradi.

O‘ZBEKISTON SHAROITI UCHUN TAVSIYALAR.

O‘zbekiston boy meva-sabzavot xom ashyosiga ega: qovoq, o‘rik, shaftoli, uzum, anor, behi va nok sharbatlari eksport salohiyatiga ega mahsulotlar hisoblanadi. Biroq mahalliy sanoatda quyidagi muammolar mavjud:

- Ko‘pchilik kichik va o‘rta korxonalarda faqat an'anaviy HTST pasterizatsiya qo‘llaniladi, bu esa premium bozorlarga kirish imkonini cheklaydi.

ISSN 3030-3907

- Sovuq zanjir infratuzilmasi etarli darajada rivojlanmagan — bu HPP va PEF mahsulotlarining bozorga yetib borishida muammo yaratadi.
- Organik va clean-label mahsulotlarga ichki bozor talabi hali shakllanish bosqichida.

Qisqa muddatli tavsiyalar sifatida: HTST tizimlarini modernizatsiya qilish (regeneratsiya koeffitsientini oshirish), fermentativ oldindan ishlov berish + HTST kombinatsiyasini joriy etish, aseptik BIB qadoqlashga o‘tish. O‘rta muddatda esa UV-C reaktorlarini PET qadoqlash liniyalariga ulash va zamonaviy HACCP dasturiy ta'minotini joriy etish maqsadga muvofiq.

XULOSA.

Sharbat konservalashtirish texnologiyalari tez rivojlanayotgan soha bo‘lib, an'anaviy issiqlik usullaridan «sovuq» va kombinatsiyalashgan texnologiyalarga o‘tish tendentsiyasi yaqqol ko‘rinmoqda. Asosiy xulosalar quyidagicha:

- HPP texnologiyasi vitamin saqlanishi va premium sifat jihatidan eng yuqori ko‘rsatkichni beradi, biroq katta kapital xarajat talab qiladi — faqat yuqori qo‘shimcha qiymatli mahsulotlarda iqtisodiy jihatdan oqlangan.
- PEF va UV-C texnologiyalari HTST ga munosib muqobil bo‘lib, o‘rta kapital xarajatda vitamin saqlanishini 15–25% yaxshilaydi.
- Tabiiy antimikrob moddalar va fermentativ konservalash «clean label» tendentsiyasiga javob beradi va kimyoviy konservantlarni almashtirish uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.
- HACCP va raqamli monitoring tizimlari konservalash texnologiyasining ajralmas tarkibiy qismi bo‘lishi kerak.
- O‘zbekiston uchun qisqa muddatda HTST modernizatsiyasi + aseptik qadoqlash, o‘rta muddatda esa UV-C va PEF texnologiyalarini bosqichma-bosqich joriy etish optimal strategiya hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Berk Z. (2016). Food Process Engineering and Technology. 3rd ed. Academic Press, London.
2. Barbosa-Cánovas G.V. et al. (2014). Novel Food Processing Technologies. CRC Press.
3. Buckow R. et al. (2013). Pulsed electric field processing, quality, and safety aspects of beverages. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12(5), 455–467.
4. Evrendilek G.A. (2017). High-pressure carbon dioxide processing of fruit juices. Food Engineering Reviews, 9(4), 243–255.
5. Koutchma T. (2014). Adapting High Hydrostatic Pressure (HPP) for Food Processing Operations. Academic Press.

ISSN 3030-3907

6. Lado B.H., Yousef A.E. (2002). Alternative food-preservation technologies. Microbes and Infection, 4(4), 433–440.
7. Sizer C., Balasubramaniam V. (1999). New intervention processes for minimally processed juices. Food Technology, 53(10), 64–67.
8. Qodirov T.A., Nazarov Sh.I. (2023). Meva-sabzavot mahsulotlarini konservalashda HPP texnologiyasini qo‘llash istiqbollari. O‘zbekiston oziq-ovqat sanoati, 1, 22–29.
9. Toshmatova D.R., Jurayev A.X. (2024). Sharbatlarda tabiiy konservantlarni qo‘llash tadqiqoti. Agrar fan va texnologiya, 3, 77–84.
10. Umarov B.B. (2022). Aseptik qadoqlash texnologiyasini mahalliy sanoatga tatbiq etish muammolari. Fan va ishlab chiqarish, 4, 41–47.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA MUVOFIQLIKNI BAHOLASH ORGANLARINI AKKREDITATSIYADAN O‘TKAZISH TIZIMINI ISO/IEC 17011:2017 XALQARO STANDART TALABLARI ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH MODELI

Xudayberdieva Odinahon Ikromjon qizi
O‘zbekiston Respublikasi “O‘zbekiston standartlar instituti” DM tayanch doktoranti
Email aydinkakhudayberdiyeva@gmail.com
Mamadaliyeva Dildora Abdulmalikovna
Namangan Davlat Texnika Universiteti dotsenti
Email: dildora.textile@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida muvofiqlikni baholash organlarini akkreditatsiyadan o‘tkazish tizimini ISO/IEC 17011:2017 xalqaro standarti talablari asosida takomillashtirish modeli ishlab chiqilgan. Tadqiqot Yevropa, Hindiston va Indoneziya akkreditatsiya tizimlari bilan qiyosiy tahlil, O‘zAkk ning ILAC MRA va IAF MLA a‘zoligiga erishish jarayoni tahlili, shuningdek mavjud muammolar diagnostikasi asosida olib borilgan. Taklif etilgan besh bosqichli takomillashtirish modeli xavf asosidagi yondashuv (risk-based approach), raqamlashtirishni kuchaytirish, baholovchilar malakasini oshirish va akkreditatsiya doiralarini kengaytirish kabi ustuvor yo‘lnalishlarni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot natijalari O‘zAkk ning xalqaro sifat infratuzilmasidagi nufuzini oshirishga, O‘zbekiston mahsulotlari va xizmatlarining jahon bozorida to‘siqlarsiz e‘tirof etilishiga hissa qo‘shishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: ISO/IEC 17011:2017, akkreditatsiya, muvofiqlikni baholash, O‘zAkk, ILAC MRA, IAF MLA, sifat infratuzilmasi, xavf asosidagi yondashuv, takomillashtirish modeli.

Abstract. This article develops a model for improving the accreditation system for conformity assessment bodies in the Republic of Uzbekistan based on the requirements of the international standard ISO/IEC 17011:2017. The research is conducted on the basis of a comparative analysis with the accreditation systems of Europe, India, and Indonesia, an analysis of UzAkk's process of achieving ILAC MRA and IAF MLA membership, as well as diagnostics of existing problems. The proposed five-stage improvement model incorporates priority directions such as a risk-based approach, enhanced digitalization, improvement of assessors' competence, and expansion of accreditation scopes. The results of the research are aimed at strengthening UzAkk's reputation in the international quality infrastructure and contributing to the barrier-free recognition of Uzbekistan's products and services in the global market.

ISSN 3030-3907

Keywords: ISO/IEC 17011:2017, accreditation, conformity assessment, UzAkk, ILAC MRA, IAF MLA, quality infrastructure, risk-based approach, improvement model.

Аннотация. В данной статье разработана модель совершенствования системы аккредитации органов по оценке соответствия в Республике Узбекистан на основе требований международного стандарта ISO/IEC 17011:2017. Исследование проводилось на основе сравнительного анализа с системами аккредитации Европы, Индии и Индонезии, анализа процесса достижения УзАкк членства в ILAC MRA и IAF MLA, а также диагностики существующих проблем. Предложенная пятиэтапная модель совершенствования включает приоритетные направления: риск-ориентированный подход, усиление цифровизации, повышение квалификации экспертов и расширение областей аккредитации. Результаты исследования направлены на повышение авторитета УзАкк в международной инфраструктуре качества и содействие беспрепятственному признанию продукции и услуг Узбекистана на мировом рынке.

Ключевые слова: ISO/IEC 17011:2017, аккредитация, оценка соответствия, УзАкк, ILAC MRA, IAF MLA, инфраструктура качества, риск-ориентированный подход, модель совершенствования.

1. KIRISH.

Akkreditatsiya - muvofiqlikni baholash organlarining (MATO) kompetentligini rasmiy e‘tirof etish jarayoni bo‘lib, u xalqaro savdo, iste‘molchi xavfsizligi va davlat tartibga solish mexanizmlarining asosiy elementi hisoblanadi. ISO/IEC 17011:2017 standarti akkreditatsiya organlari uchun kompetentlik, izchil faoliyat va betaraflik talablarini belgilaydigan asosiy xalqaro hujjatdir [14].

Dunyo miqyosida akkreditatsiya qilingan laboratoriyalar va MATO soni so‘nggi o‘n yilda keskin o‘sdi: Grochau va boshqalar [1] Yevropada, [2] esa Amerika qit‘asida ushbu tendensiyani batafsil tahlil qildi. Milliy sifat infratuzilmasi - metrologiya, standartlashtirish, akkreditatsiya va sertifikatlashtirish - to‘rtta asosiy ustundan iborat bo‘lib, mamlakatning global iqtisodiy raqobatbardoshligini belgilaydi [6, 7].

O‘zbekiston 2013-yilda Muvofiqlikni baholash to‘g‘risidagi qonunni qabul qilgandan so‘ng akkreditatsiya tizimini izchil rivojlantirdi. O‘zbekiston Akkreditatsiya Markazi (O‘zAkk) 2018-yilda qayta tashkil etilib, 2022-yilga kelib ILAC MRA va IAF MLA ko‘p tomonlama tan olish bitimlariga qo‘shildi [16, 17]. Bu muhim yutuq bo‘lib, O‘zbekistonda akkreditatsiyalangan organlar chiqargan sinovlar, kalibrlash natijalari va sertifikatlarning dunyoning 116 davlatida tan olinishini ta‘minladi [17].

ISSN 3030-3907

Biroq tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, akkreditatsiya tizimini yanada takomillashtirish - baholovchilar malakasini oshirish, xavf asosidagi yondashuv va raqamlashtirishni kuchaytirish, akkreditatsiya doiralarini kengaytirish - O‘zbekiston sifat infratuzilmasining xalqaro raqobatbardoshligini oshirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega [3, 12]. Xuddi shu muammolar Indoneziya [3, 9], Janubiy Osiyo rivojlanayotgan davlatlari [8] va boshqa kontekstlarda ham keng o‘rganilgan.

Ushbu maqolaning maqsadi: O‘zAkk faoliyatini ISO/IEC 17011:2017 talablar bilan qiyosiy tahlil qilish asosida muammolarni diagnostika qilish va besh bosqichli takomillashtirish modelini taklif etish.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI.

2.1. Dunyo akkreditatsiya manzarasi

Grochau va boshqalar [1] Yevropada 25 mamlakat bo‘zlab qiyosiy tadqiqot o‘tkazib, Germaniya akkreditatsiya qilingan laboratoriyalar soni (14 000 dan ortiq), YaIM hajmi va aholisi ko‘pligi bo‘yicha yetakchi o‘rinda ekanligini aniqladi. Tadqiqotchilar akkreditatsiya tizimini baholash uchun benchmarking metodologiyasini ishlab chiqdilar - ushbu metodologiya O‘zbekiston uchun ham amaliy qo‘llanilishi mumkin.

Amerika qit‘asida [2] esa sinov va kalibrlash laboratoriyalari akkreditatsiyasi ISO/IEC 17025 standarti asosida tahlil qilindi. Asosiy xulosa: tahliliy model turli qit‘a va davlatlarga moslab qo‘llash mumkin. Rivojlanayotgan davlatlar kontekstida Indoneziya tajribasi alohida ahamiyatga ega: Krismastuti va Habibie [3] ISO/IEC 17025:2017 ning yangi talablarini joriy qilishda xodimlar malakasi yetarli emasligi eng katta muammo ekanligini ko‘rsatdi - bu holat O‘zbekiston uchun ham xarakterlidir.

2.2. Milliy sifat infratuzilmasi

Aswal [5] Hindiston milliy sifat infratuzilmasi modelini tahlil qildi va akkreditatsiya mamlakatning iqtisodiy o‘sishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri hissa qo‘shishi mexanizmini asoslab berdi. Rab va boshqalar [6] Global Sifat Infratuzilmasi Indeksi (GQII) ning takomillashtirilgan modelini taklif qildi: mamlakat sifat infratuzilmasi metrologiya, standartlashtirish, akkreditatsiya va sertifikatlashtirish - to‘rtta asosiy ustun ustiga quriladi. Kumar va Al-Bashrawi [7] 2024-yilgi qo‘llanmada mamlakatning savdo munosabatlari sifat infratuzilmasining rivojlanishi bilan bevosita bog‘liqligi ta‘kidlandi.

2.3. Rivojlanayotgan davlatlarda akkreditatsiya: parallellar

Okezue va boshqalar [8] Quyi Sahro Afrikasida 2013–2018-yillar davomida ISO/IEC 17025 bo‘zlab akkreditatsiya joriy etishning samarasini baholadi va akkreditatsiya natijasida sinov hisobotlari ishonchliligi sezilarli oshganligi

ISSN 3030-3907

aniqlanadi. Bu natijalar O‘zbekiston kontekstida ham qo‘llash mumkin bo‘lgan amaliy dalil hisoblanadi.

Agustina va boshqalar [9] Indoneziya sertifikatlashtirish organlarining to‘liq profilini chizib, sifat infratuzilmasini standartlashtirish, metrologiya, akkreditatsiya va muvofiqlikni baholashni o‘z ichiga olgan ekosistem sifatida tavsifladi. Ushbu yondashuv O‘zAkk faoliyatini tizimli baholash uchun metodologik asos bo‘ladi.

2.4. IAF/ILAC tizimi va o‘zaro tan olish

Behrens va Wloka [10] IAF/ILAC peer evaluation tizimini batafsil yoritdi: akkreditatsiya organlarining xalqaro tan olinishi uchun mintaqaviy guruhlar (APAC, IAAC va b.) orqali teng tengga baholash o‘tkaziladi. O‘zAkk uchun bu jarayon 2022-yil yanvar-martda o‘tkazilgan APAC peer evaluation orqali amalga oshdi [16, 17].

ILAC rasmiy hujjatlari [11] akkreditatsiya belgisidan foydalanish (ILAC-P8:11/2023), akkreditatsiya doiralarini tavsiflash (ILAC-G18:01/2024) va tekshirish organlarini akkreditatsiya qilish (ILAC-P15:05/2020) kabi normativ talablarni belgilaydi. O‘zAkk uchun ushbu hujjatlarning to‘liq tatbiq etilishi ILAC MRA bitimi talablaridan biri hisoblanadi.

2.5. Xavf asosidagi yondashuv va tizimni joriy etish

Silva va boshqalar [12] ISO/IEC 17025:2017 doirasida xavflarni boshqarish tizimini joriy etish uchun taklif modeli ishlab chiqdi. Bu yondashuv ISO/IEC 17011:2017 ning 7-bobi talablari bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri mos bo‘lib, O‘zAkk tomonidan ham qo‘llanilishi zarur. Grochau va ten Caten [13] esa jarayon yondashuvi metodologiyasini batafsil tavsiflab, uni akkreditatsiya tizimini joriy etish uchun klassik model sifatida taqdim etdi - mazkur tadqiqot 200 dan ortiq marta iqtibos olgan.

3. O‘ZAKK HOLATI VA ISO/IEC 17011:2017 TALABLARI TAHLILI.

3.1. ISO/IEC 17011:2017 talablari tuzilmasi

ISO/IEC 17011:2017 standarti akkreditatsiya organlariga kompetentlik, izchil faoliyat va betaraflik bo‘zlab talablar qo‘yadi [14]. Standart 8 ta asosiy blokdan iborat bo‘lib, har bir blok akkreditatsiya organining turli faoliyat jihatini tartibga soladi.

1-Jadval.

ISO/IEC 17011:2017 asosiy talablar bloklari va O‘zAkk uchun ahamiyati

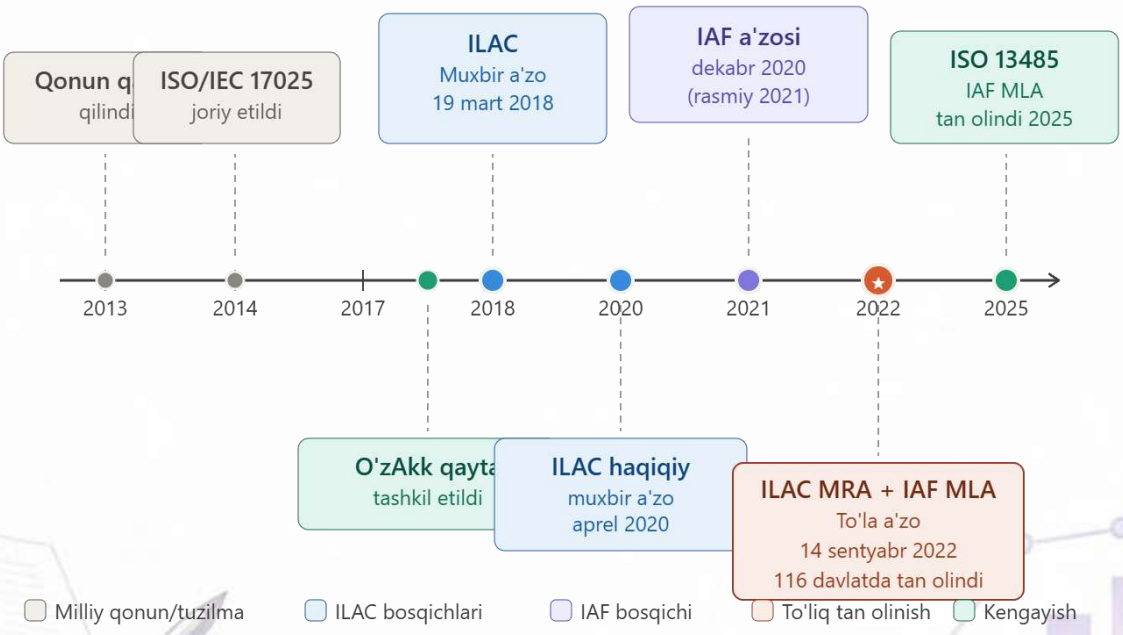
Band	Talablar bloki	Asosiy mazmun	O‘zAkk uchun ahamiyati
4	Umumiy talablar	Huquqiy maqom, betaraflik, maxfiylik	Mustaqil huquqiy status zarur

ISSN 3030-3907

5	Tarkibiy talablar	Tashkiliy tuzilma, mas'uliyat, MATO boshqaruv organi	Mustaqil kengash tuzish
6	Resurs talablari	Kompetentlik, xodimlar, infratuzilma	Baholovchilar malakasini tasdiqlash
7	Jarayon talablari	Ariza, baholash, qaror, kuzatuv, murojaatlar	Raqamli jarayon boshqaruviga o‘tish
8	Boshqaruv tizimi	Hujjatlashtirish, ichki audit, tuzatish choralar	ISO 9001 bilan integratsiya

3.2. O‘zAkk ning xalqaro tan olinish tarixi

O‘zAkk ning ILAC va IAF a‘oligiga erishish yo‘li izchil bosqichlardan iborat bo‘ldi. 2013-yilda Muvofiqlikni baholash to‘g‘risidagi qonun qabul qilindi va dastlabki akkreditatsiya dasturlari joriy etildi [15]. 2018-yilda qayta tashkil etilgandan so‘ng O‘zAkk 2018-yilda ILAC ga muxbir a‘zo, 2020-yilda haqiqiy muxbir a‘zo, 2022-yilning 14-sentyabrida esa to‘la huquqli a‘zo sifatida qabul qilindi [17].



1-Rasm. O‘zAkk ning ILAC/IAF tan olinish bosqichlari va vaqt jadvali (2013–2025)

2022-yil yanvar-martda APAC ekspertlari tomonidan o‘tkazilgan peer evaluation muvaffaqiyatli yakunlandi va O‘zAkk APAC MRA bitimiga qo‘shildi [18]. Buning natijasida O‘zbekistonda akkreditatsiyalangan MATO lar chiqargan

ISSN 3030-3907

sinovlar, kalibrlash natijalari va sertifikatlar 116 davlatda tan olinishi ta‘minlandi [17]. 2025-yilda esa O‘zAkk IAF MLA doirasida tibbiy qurilmalar sifat boshqaruv tizimlari bo‘yicha (ISO 13485) xalqaro tan olinishga erishdi [19].

3.3. Qiyosiy tahlil: O‘zAkk va yetakchi akkreditatsiya organlari

2-Jadval.

O‘zAkk va xalqaro akkreditatsiya organlarining qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	Germaniya (DAkkS)	Hindiston (NABL)	Indoneziya (KAN)	O‘zbekiston (O‘zAkk)
Akkreditatsiya qilingan organlar soni	>14 000	>7 000	>2 000	>400
ILAC MRA a'zoligi	1997 yildan	2000 yildan	2001 yildan	2022 yildan
IAF MLA a'zoligi	To‘liq (keng doira)	To‘liq (keng doira)	To‘liq	Qisman (2 asosiy doira)
ISO/IEC 17011:2017 ga mos kelish	To‘liq	To‘liq	To‘liq	Qisman (takomillashmoqda)
Raqamli akkreditatsiya tizimi	Mavjud (DAkkS portal)	Mavjud (NABL portal)	Mavjud	Rivojlanmoqda
Xavf asosidagi yondashuv	Joriy etilgan	Joriy etilgan	Joriy etilgan	Bosqichma-bosqich joriy etilmoqda

Jadval 2 dan ko‘rinadiki, O‘zAkk xalqaro tan olinish yo‘lida muhim yutuqlarga erishgan bo‘lsa-da, akkreditatsiya qilingan organlar soni va IAF MLA doiralarining kengligi bo‘zlab rivojlangan davlatlardan hali ancha orqada qolmoqda. Germaniya va Hindiston tajribasi shuni ko‘rsatadiki, akkreditatsiya tizimini takomillashtirish uchun kamida 10–15 yillik izchil davr zarur [1, 5].

4. O‘ZAKK TIZIMIDAGI ASOSIY MUAMMOLAR DIAGNOSTIKASI.

Adabiyotlar tahlili, O‘zAkk rasmiy hujjatlari va xalqaro tashkilotlarning baholash xulosalari asosida O‘zAkk ning ISO/IEC 17011:2017 talablariga to‘liq muvofiqligiga to‘siq bo‘layotgan olti asosiy muammo aniqlandi.

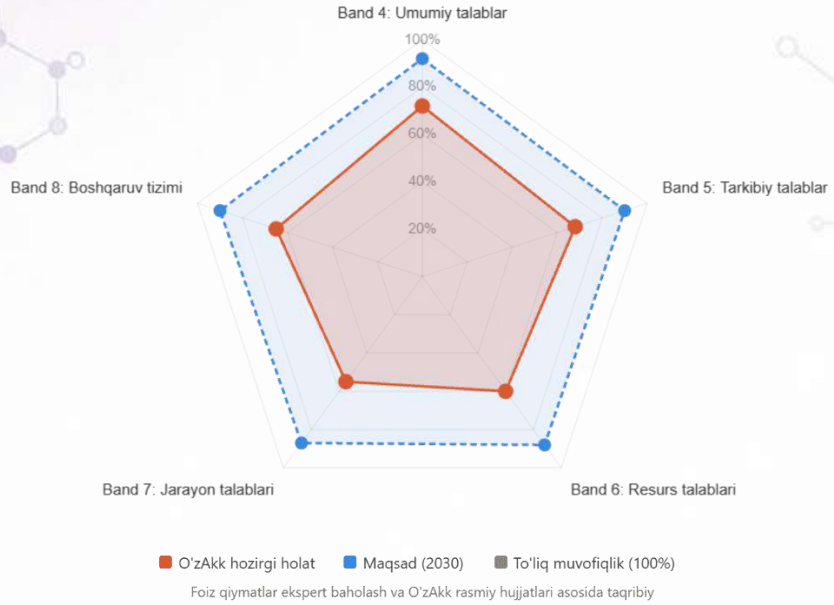
ISSN 3030-3907

3-Jadval

O‘zAkk ning joriy muammolari, ISO/IEC 17011:2017 bandi bilan bog‘liqligi va taklif etilgan yechimlar

T/r	Muammo	ISO/IEC 17011:2017 bilan bog‘liqligi	Taklif etilgan yechim
1	Baholovchilar soni va malakasining yetarli emasligi	Band 6.2: Kompetentlik talablari	Xalqaro ekspertlar bilan birgalikda o‘qitish dasturlari joriy etish
2	Akkreditatsiya jarayonlarining to‘liq raqamlashtirmaslik	Band 7: Jarayon talablari	Yagona raqamli akkreditatsiya portali yaratish
3	Xavf asosidagi yondashuv (risk-based approach) ning qisman joriy etilganligi	Band 7.4: Baholash rejalashtirish	ISO/IEC 17011 Band 7 ga mos xavf matritsasini ishlab chiqish
4	Akkreditatsiya doiralarining tor bo‘lishi	IAF MLA kengaytirish talablari	Yangi doiralar (tibbiy, atrof-muhit) uchun arizalar tayyorlash
5	Betaraflik va manfaatlar to‘qnashuvini ta'minlash mexanizmining zaifligi	Band 4.2–4.4: Betaraflik	Mustaqil boshqaruv kengashi va oshkoralik siyosatini kuchaytirish
6	MATO bilan muloqot va axborot almashuvning yetarli emasligi	Band 7.9: Murojaatlar va shikoyatlar	Onlayn portal orqali tezkor aloqa tizimini yo‘lga qo‘yish

ISSN 3030-3907



2-Rasm O‘zAkk ning ISO/IEC 17011:2017 ga muvofiqlik darajasi radar diagrammasi (Band 4–8 bo‘zlab)

Diagnostika natijalariga ko‘ra, eng kritik muammo baholovchilar malakasining yetarli emasligi (6-band) va xavf asosidagi yondashuv ning to‘liq joriy etilmaganligidir (7-band). Bu holat Indoneziya tajribasi bilan ham tasdiqlangan: Krismastuti va Habibie [3] o‘z tadqiqotida xodimlar malakasi va yangi standart talablarini tushunish akkreditatsiya sifatining asosiy determinanti ekanligini ko‘rsatdi. Couto va boshqalar [4] ham kuchli sifat nazorat choralarini joriy etish va xodimlarni uzluksiz o‘qitish muhimligini ta‘kidlaydi.

5. TAKOMILLASHTIRISH MODELI: BESH BOSQICH.

5.1. Modelning nazariy asosi

Taklif etilgan model Grochau va ten Caten [13] ning jarayon yondashuvi metodologiyasi, Silva va boshqalar [12] ning xavf boshqaruvi taklif modeli va Rab va boshqalar [6] ning GQII modeli asosida ishlab chiqildi. Model ISO/IEC 17011:2017 ning barcha asosiy bandlarini qamrab olishi, O‘zAkk ning 2025–2030-yillar rivojlanish strategiyasi bilan uyg‘unlashuvi va IAF MLA doiralarini kengaytirish talablarini inobatga olishi zarur.

5.2. Besh bosqichli model

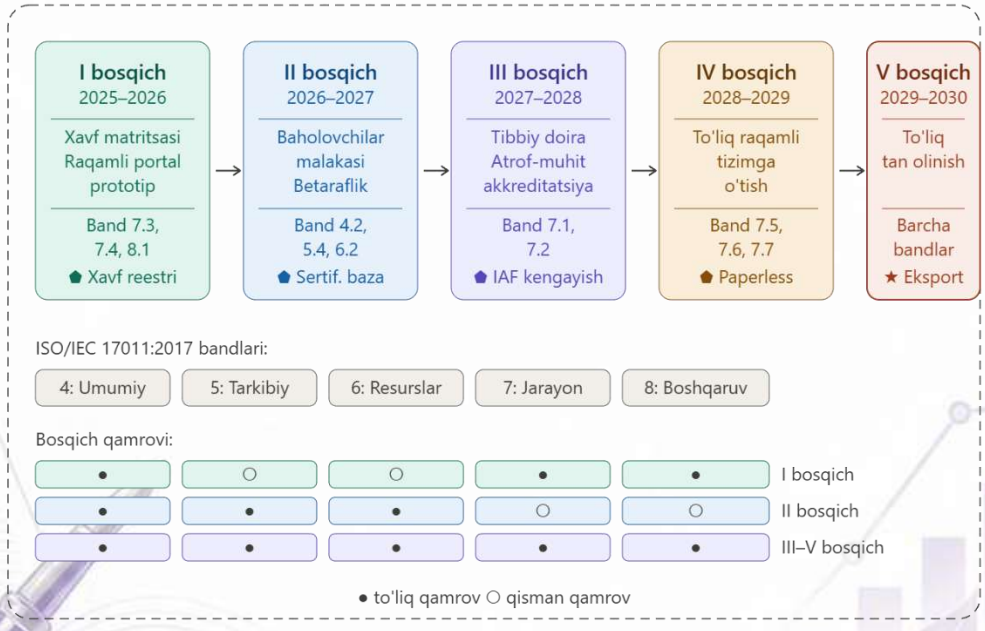
4-Jadval

O‘zAkk akkreditatsiya tizimini takomillashtirish modeli: besh bosqich (2025–2030)

Bosqich	Vaqt oralig‘i	Asosiy faoliyat	Kutilayotgan natija	ISO/IEC 17011 bandi

ISSN 3030-3907

I	2025–2026	Xavf matritsasini yaratish, raqamli portal loyihasini ishlab chiqish	Xavf reestri, portal prototip	7.3, 7.4, 8.1
II	2026–2027	Baholovchilar malakasini yangilash, betaraflik mexanizmini kuchaytirish	Sertifikatlangan baholovchilar bazasi	4.2, 5.4, 6.2
III	2027–2028	Yangi akkreditatsiya doiralarini qo‘shish (tibbiy, atrof-muhit)	IAF MLA doiralarini kengaytirish	7.1, 7.2
IV	2028–2029	To‘liq raqamli akkreditatsiya tizimiga o‘tish	Paperless akkreditatsiya jarayoni	7.5, 7.6, 7.7
V	2029–2030	APAC, ILAC, IAF tomonidan to‘liq tan olinish	Eksport imkoniyatlarini oshirish	Barcha bandlar



3-Rasm Besh bosqichli takomillashtirish modeli: vaqt o‘qi va asosiy natijalar

5.3. I bosqich: Xavf boshqaruvi tizimini yaratish (2025–2026)

ISSN 3030-3907

ISO/IEC 17011:2017 ning 7.3 va 7.4-bandlari MATO larni baholashda xavf asosidagi yondashuvni talab qiladi. Hozirda O‘zAkk bu yondashuvni qisman joriy etgan. I bosqichda Silva va boshqalar [12] tomonidan taklif qilingan xavf boshqaruvi modeliga asoslanib, O‘zAkk uchun maxsus xavf matritsasi ishlab chiqilishi va MATO larning tipi, yo‘nalishi, o‘tgan tekshiruvlardagi muvofiqsizliklar va boshqa parametrlar asosida baholash chastotasi belgilanishi zarur.

Bir vaqtda yagona raqamli akkreditatsiya portali prototipini ishlab chiqish ham I bosqichning muhim vazifasi hisoblanadi. Germaniya (DAkkS), Hindiston (NABL) va Indoneziya (KAN) tajribasiga ko‘ra [1, 5, 9], raqamli portal akkreditatsiya jarayonining shaffofligini oshiradi, ariza topshirishdan tortib sertifikat berish va kuzatuvgacha bo‘lgan barcha bosqichlarni birlashtiradi.

5.4. II bosqich: Kompetentlikni oshirish (2026–2027)

ISO/IEC 17011:2017 ning 6.2-bandi baholovchilar va texnik ekspertlarning kompetentligini ta‘minlash uchun tizimli mexanizmlarni talab qiladi. Xalqaro ekspertlar (Turkiya, Germaniya, Hindiston) bilan birgalikdagi o‘qitish dasturlari, APAC va ILAC baholovchilar basseyniga kirish, shuningdek ichki kompetentlik baholash tizimini yaratish II bosqichning asosini tashkil etadi.

Betaraflik va manfaatlar to‘qnashuvini ta‘minlash uchun ISO/IEC 17011:2017 ning 4.2–4.4-bandlari asosida mustaqil boshqaruv kengashini (Betaraflik qo‘mitasi) shakllantirish ham II bosqich doirasida amalga oshirilishi lozim. Couto va boshqalar [4] universitetlar uchun akkreditatsiyaga tayyorlanishda aynan ushbu mexanizmning muhimligini ta‘kidlaydi.

5.5. III–V bosqichlar: Doiralarni kengaytirish va to‘liq raqamlashtirilish

III bosqichda (2027–2028) tibbiy qurilmalar (ISO 13485 ISO/IEC 17025), atrof-muhit sinov laboratoriyalari va yangi sertifikatlashtirish sohalarida akkreditatsiya dasturlari joriy etilishi IAF MLA doiralarini kengaytirish imkonini beradi. 2025-yilda ISO 13485 bo‘zlab erishilgan IAF tan olinishi [19] bu yo‘nalishdagi muhim qadam hisoblanadi.

IV bosqichda (2028–2029) to‘liq paperless akkreditatsiya tizimiga o‘tish va V bosqichda (2029–2030) APAC, ILAC va IAF tomonidan barcha asosiy doiralarda to‘liq tan olinishga erishish rejalashtiriladi. Bu natijaga erishilganda O‘zbekiston tovarlariga xalqaro bozorga chiqishda texnik to‘siqlar sezilarli kamayadi.

6. MUHOKAMA VA ISTIQBOLLAR.

Taklif etilgan besh bosqichli model O‘zAkk ning hozirgi rivojlanish bosqichi uchun muvozanatli va amalga oshirish mumkin bo‘lgan yo‘l xaritasini taqdim etadi. Jadval 2 dagi qiyosiy tahlil ko‘rsatganidek, Germaniya 14 000+

ISSN 3030-3907

akkreditatsiya qilingan organga o‘n yillar ichida erishdi [1] - bu O‘zbekiston uchun ham sabr-bardoshli va izchil faoliyat zarurligini anglatadi.

Kelajak tadqiqotlar uchun istiqbolli yo‘nalishlar quyidagilardir: (1) O‘zAkk faoliyatiga sun‘iy intellekt va ma‘lumotlarni tahlil qilish texnologiyalarini tatbiq etish; (2) akkreditatsiya natijalarining iqtisodiy samaradorligini miqdoriy baholash metodologiyasini ishlab chiqish; (3) Markaziy Osiyo davlatlari o‘rtasida akkreditatsiya natijalarini o‘zaro tan olish bitimlarini rivojlantirish; (4) ISO/IEC 17011:2017 ning yangilangan versiyasiga tayyorgarlik.

Metodologik cheklovlar sifatida shuni ta‘kidlash lozimki, ushbu tadqiqotda O‘zAkk bo‘zlab birlamchi miqdoriy ma‘lumotlar (xodimlar so‘rovnomasi, akkreditatsiya vaqt jadvali tahlili) to‘plash imkoni cheklangan bo‘lgan. Kelajak tadqiqotlarda ushbu aspektlarni qamrab olish modelning empirik poydevorini mustahkamlaydi.

7. XULOSA.

Ushbu tadqiqot O‘zbekiston Respublikasida muvofiqlikni baholash organlarini akkreditatsiyadan o‘tkazish tizimini ISO/IEC 17011:2017 talablari asosida takomillashtirish bo‘zlab quyidagi xulosalarga olib keldi:

1. O‘zAkk 2022-yilda ILAC MRA va IAF MLA bitimlariga qo‘shildi - bu O‘zbekiston akkreditatsiya tizimi tarixidagi muhim yutuq bo‘lib, 116 davlatda tan olinishni ta‘minladi.

2. ISO/IEC 17011:2017 ning 4–8-bandlari bo‘zlab diagnostika qilingan 6 asosiy muammo - baholovchilar malakasi, xavf yondashuvi, raqamlashtirilish, akkreditatsiya doiralari, betaraflik va MATO bilan muloqot - takomillashtirish uchun ustuvor yo‘nalishlarni belgilaydi.

3. Taklif etilgan besh bosqichli model (2025–2030) xavf boshqaruvi tizimi, kompetentlikni oshirish, yangi doiralar va to‘liq raqamlashtirishni izchil tatbiq etish orqali O‘zAkk ning xalqaro nufuzini oshirishga qaratilgan.

4. Indoneziya, Hindiston va Yevropa tajribasi ko‘rsatadiki, akkreditatsiya tizimining takomillashuvi mamlakatning savdo imkoniyatlarini bevosita kengaytiradi va mahsulot sifatiga bo‘lgan ishonchni oshiradi.

5. Kelajak tadqiqotlarda sun‘iy intellekt va miqdoriy tahlil usullarini qo‘llab O‘zAkk faoliyatini yanada chuqurroq baholash va Markaziy Osiyo mintaqaviy hamkorligini rivojlantirish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. Grochau I.H., Leal D.K.B., ten Caten C.S. European current landscape in laboratory accreditation // Accreditation and Quality Assurance. - 2020. - Vol. 25. - P. 303–310. DOI: 10.1007/s00769-020-01440-w

ISSN 3030-3907

2. Grochau I.H., ten Caten C.S., Forte M.M.C. Current American landscape in laboratory accreditation according to ISO/IEC 17025 // Accreditation and Quality Assurance. - 2017. - Vol. 22. - P. 57–62. DOI: 10.1007/s00769-017-1248-x
3. Krismastuti F.S.H., Habibie M.H. Complying with the resource requirements of ISO/IEC 17025:2017 in Indonesian calibration and testing laboratories: current challenges and future directions // Accreditation and Quality Assurance (Springer). - 2022.
4. Couto L. et al. Toward ISO/IEC 17025 compliance: challenges and strategies for a university research laboratory // Accreditation and Quality Assurance (Springer). - 2024. DOI: 10.1007/s00769-024-01628-4
5. Aswal D.K. Quality Infrastructure of India and Its Importance for Inclusive National Growth // MAPAN - Journal of Metrology Society of India. - 2020. - Vol. 35. - P. 139–150. DOI: 10.1007/s12647-020-00376-3
6. Rab S., Yadav S., Haleem A., Jaiswal S.K., Aswal D.K. Improved Model of Global Quality Infrastructure Index (GQII) for Inclusive National Growth // Journal of Scientific & Industrial Research. - 2021. - Vol. 80. - P. 790–799.
7. Kumar V., Al-Bashrawi S.A. Quality Infrastructure: Metrology, Accreditation, and Standards. In: Handbook of Quality System, Accreditation and Conformity Assessment. - Springer, Singapore, 2024. DOI: 10.1007/978-981-97-5750-3_47
8. Okezue M.A. et al. Impact of ISO/IEC 17025 laboratory accreditation in sub-Saharan Africa: a case study // BMC Health Services Research. - 2020.
9. Agustina T. et al. Profile of system and product certification as quality infrastructure in Indonesia // Open Engineering. - 2021. - Vol. 11(1). - P. 556–569. DOI: 10.1515/eng-2021-0054
10. Behrens F., Wloka M. How IAF and ILAC manage the recognition of Regional Accreditation Groups: the peer evaluation system // Accreditation and Quality Assurance (Springer). - 2009.
11. ILAC-P8:11/2023 - ILAC Policy on the Use of Accreditation Body Symbols and ILAC MRA Mark. ILAC, 2023. URL: https://ilac.org
12. Silva G. et al. System proposal for implementation of risk management in the context of ISO/IEC 17025 // Accreditation and Quality Assurance (Springer). - 2021.
13. Grochau I.H., ten Caten C.S. A process approach to ISO/IEC 17025 in the implementation of a quality management system in testing laboratories // Accreditation and Quality Assurance. - 2012. - Vol. 17. - P. 519–527. DOI: 10.1007/s00769-012-0905-3
14. ISO/IEC 17011:2017. Muvofiqlikni baholash - Muvofiqlikni baholash organlarini akkreditatsiyadan o‘tkazuvchi akkreditatsiya organlariga qo‘yiladigan talablar. - ISO, Geneva, 2017.

ISSN 3030-3907

15. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 24-apreldagi 349-son qarori (2024-yil 2-iyuldagi 372-son qaror tahririda). Muvofiqlikni baholash organlarini akkreditatsiyadan o‘tkazish tartibi to‘g‘risidagi nizom. URL: https://lex.uz/acts/-4305425
16. ILAC. O‘ZAKK - Uzbek economy on the way to global markets // ILAC News. - 2021. URL: https://ilac.org/latest_ilac_news/ozakk-uzbek-economy-on-the-way-to-global-markets/
17. ILAC. ILAC welcomes O‘ZAKK, Uzbekistan as a Full Member // ILAC News. - 2022. URL: https://ilac.org/latest_ilac_news/ilac-welcomes-ozakk-uzbekistan/
18. IAF. IAF MLA Annual Report 2022. - IAF, 2022. URL: https://iaf.nu
19. ILAC. News from O‘ZAKK - Strengthening Medical Standards: Uzbekistan's Commitment to ISO 13485 Accreditation // ILAC News. - 2025. URL: https://ilac.org
20. O‘zbekiston akkreditatsiya markazi rasmiy veb-sayti. URL: https://www.standart.uz/page/view?id=35

ISSN 3030-3907

ROBOT MANIPULYATORLARINING ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISHDA NEYRON TARMOQ USULLARINI QO‘LLASH

Mirzakarimov Rustambek Xusanboy o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti, tayanch doktorant
Andijon, O‘zbekiston
E-mail: rustamkarimov1995095@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada robot manipulyatorlarining energiya sarfini kamaytirishda neyron tarmoq usullarini qo‘llash masalasi tahlil qilingan. Sanoat manipulyatorlarining energiya iste’moli avtomatlashtirishning dolzarb muammolaridan biri bo‘lib, an’anaviy optimal boshqaruv usullari aniq dinamik modelga bog‘liqligi bilan cheklangan. Ma’lumotga asoslangan neyron tarmoqlar, ayniqsa LSTM, GRU va ikki yo‘nalishli rekurrent arxitekturalar, manipulyatorning vaqtga bog‘liq dinamikasini ifodalab, energiya jihatdan maqbul trayektoriyani bashorat qilish imkonini beradi. Ushbu maqolada turli neyron tarmoq yondashuvlari yagona mezonlar asosida qiyoslangan va energiya minimallashtirish nuqtai nazaridan ularning kuchli hamda zaif tomonlari aniqlangan.

Kalit so‘zlar: robot manipulyator, energiya samaradorligi, neyron tarmoq, rekurrent tarmoq, LSTM, GRU, BiLSTM, trayektoriyani optimizatsiya qilish, mustahkamlovchi o‘qitish.

Аннотация: В статье анализируется применение нейросетевых методов для снижения энергопотребления роботов-манипуляторов. Энергопотребление промышленных манипуляторов является одной из актуальных проблем автоматизации, а традиционные методы оптимального управления ограничены зависимостью от точной динамической модели. Нейронные сети, основанные на данных, в особенности рекуррентные архитектуры LSTM, GRU и двунаправленные сети, позволяют описывать зависящую от времени динамику манипулятора и прогнозировать энергоэффективную траекторию. В работе различные нейросетевые подходы сравниваются по единым критериям и определяются их сильные и слабые стороны с точки зрения минимизации энергии.

Ключевые слова: робот-манипулятор, энергоэффективность, нейронная сеть, рекуррентная сеть, LSTM, GRU, BiLSTM, оптимизация траектории, обучение с подкреплением.

Abstract. The article analyzes the application of neural network methods for reducing the energy consumption of robot manipulators. The energy consumption of industrial manipulators is one of the pressing problems of automation, while traditional optimal-control methods are limited by their dependence on an accurate dynamic model. Data-driven neural networks, especially recurrent architectures such as LSTM, GRU and bidirectional networks, are able to represent the time-

dependent dynamics of a manipulator and predict an energy-efficient trajectory. In this work, different neural network approaches are compared against unified criteria, and their strengths and weaknesses from the standpoint of energy minimization are identified.

Keywords: robot manipulator, energy efficiency, neural network, recurrent network, LSTM, GRU, BiLSTM, trajectory optimization, reinforcement learning.

KIRISH.

Sanoatni avtomatlashtirishning bugungi bosqichida robot manipulyatorlari yig‘ish, payvandlash, bo‘yash va yuk ko‘chirish kabi takrorlanuvchi operatsiyalarning asosiy bajaruvchisiga aylangan. Bunday tizimlar uzluksiz ishlaganda sarflaydigan elektr energiyasi korxonaning umumiy energiya xarajatlarida sezilarli ulushni egallaydi. Bitta ish siklida tejalgan ozgina energiya yil davomida minglab takrorlanish hisobiga katta iqtisodiy va ekologik samaraga aylanadi. Shu bois manipulyatorlarning energiya samaradorligini oshirish Industriya 4.0 va barqaror ishlab chiqarish talablari doirasidagi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Manipulyator sarflaydigan energiya, asosan, uning bo‘g‘imlaridagi momentlar va ularning burchak tezligi ko‘paytmasining harakat davomidagi integraliga bog‘liq. Bu kattalik tanlangan trayektoriyaga, tezlik va tezlanish profillariga, yuk og‘irligiga hamda mexanik tizimning dinamik xususiyatlariga bevosita ta’sir qiladi. Demak, energiyani kamaytirish, mohiyatan, harakat trayektoriyasini shunday tanlashdan iboratki, talab qilingan vazifa bajarilsa-da, sarflanadigan ish minimal bo‘lsin.

An’anaviy yondashuvlarda bu masala optimal boshqaruv yoki trayektoriyani optimizatsiya qilish usullari bilan yechiladi. Biroq ular manipulyatorning aniq dinamik modelini talab qiladi; real sharoitda esa ishqalanish, lyuft, yukning o‘zgarishi va detallarning eskirishi bu modelni noaniq qiladi. Aynan shu nuqtada ma’lumotga asoslangan, ya’ni neyron tarmoqlarga tayanadigan usullar ustunlik kasb etadi: ular murakkab va nochiziqli bog‘lanishlarni o‘lchov ma’lumotlaridan o‘rganadi hamda o‘zgaruvchan sharoitga moslasha oladi.

Ushbu maqolaning maqsadi — robot manipulyatorlarining energiya sarfini kamaytirishda qo‘llanilayotgan neyron tarmoq usullarini tahlil qilish, ularni tizimlashtirish va qaysi arxitekturalar manipulyatorning vaqtga bog‘liq dinamikasini eng yaxshi ifodalashini aniqlashdir. Tahlil mavhum bo‘lib qolmasligi uchun namunaviy ob’ekt sifatida Andijon davlat texnika instituti laboratoriyasida mavjud UFACTORY xArm 5 (5-DOF) manipulyatori tanlandi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi turli neyron tarmoq yondashuvlarini yagona mezonlar asosida qiyoslab, energiya minimallashtirish nuqtai nazaridan ularning kuchli va zaif tomonlarini ochib berishida namoyon bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Robotlarda energiya tejash usullari bo‘yicha mavjud ishlarni Carabin va hammualliflari keng ko‘lamda umumlashtirgan; ularning tahlilida trayektoriyani optimizatsiya qilish, harakat parametrlarini moslash va energiya rekuperatsiyasi kabi yo‘nalishlar ajratib ko‘rsatilgan [1]. Manipulyator dinamikasining nazariy asoslari — Lagranj tenglamalari va bo‘g‘im momentlarini hisoblash — klassik robototexnika adabiyotida batafsil bayon etilgan [2]. Ushbu asoslar energiya funksionalini shakllantirish uchun zamin bo‘lib xizmat qiladi.

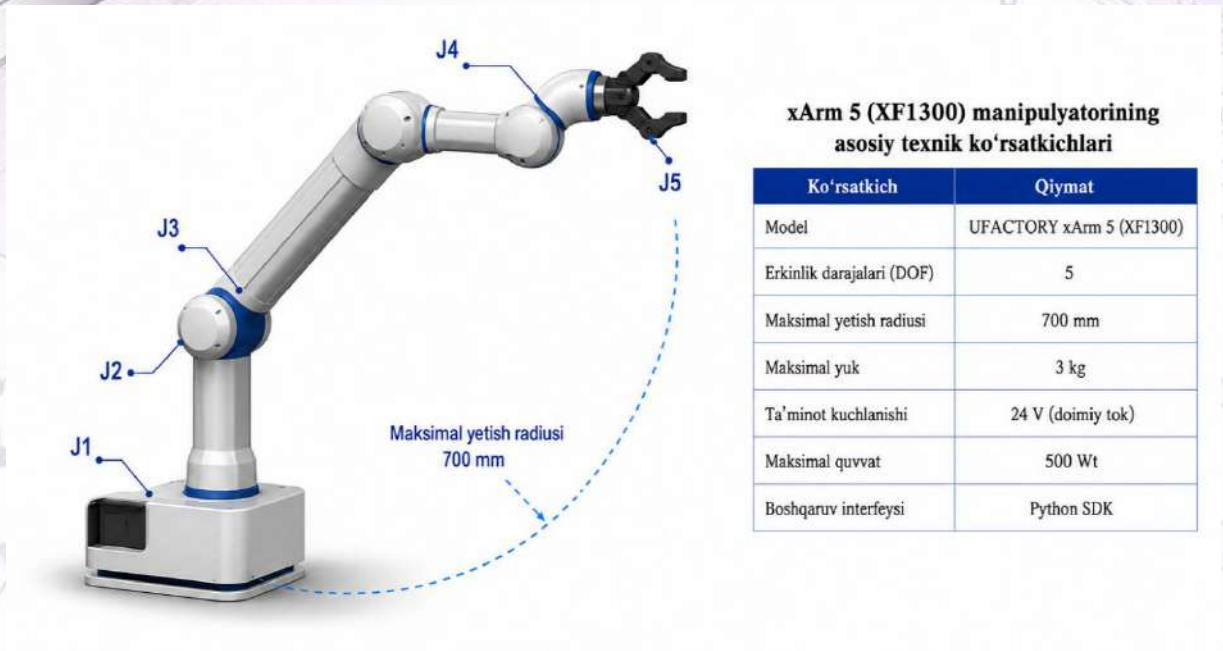
Chuqur o‘qitish usullarining umumiy nazariyasi nochiziqli bog‘lanishlarni approksimatsiya qilishda neyron tarmoqlarning yuqori imkoniyatlarini ko‘rsatadi [3]. Manipulyatorning harakati esa, o‘z mohiyatiga ko‘ra, vaqt qatori — bo‘g‘im burchaklari va tezliklarining ketma-ketligidir. Shu sababli rekurrent arxitekturalar bu masalaga tabiiy mos keladi. Uzoq qisqa muddatli xotira (LSTM) tarmog‘i uzoq vaqtli bog‘lanishlarni saqlash muammosini hal etish uchun taklif qilingan [4]; boshqaruvchi darvozalari soddalashtirilgan GRU tarmog‘i esa o‘xshash samaradorlikni kamroq hisoblash bilan ta’minlaydi [5]. Ikki yo‘nalishli ishlov berish trayektoriyaning ham o‘tmish, ham keyingi konteksti asosida bashoratning aniqligini oshiradi [6].

Yana bir yo‘nalish — mustahkamlovchi o‘qitish bo‘lib, unda agent harakat siyosatini energiya mezonini minimallashtirish orqali shakllantiradi [7]. Bu yondashuv kuchli moslashuvchanlikka ega bo‘lsa-da, katta hajmdagi o‘rgatish ma’lumoti va hisoblash resurslarini talab qiladi. Mavjud ishlarning aksariyati ayrim usullarni alohida o‘rganadi; manipulyatorning vaqtli dinamikasini energiya bashorati uchun qaysi arxitektura eng yaxshi ifodalashi masalasi esa hali yetarlicha tizimlashtirilmagan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot ob’ekti. Tadqiqot ob’ekti sifatida UFACTORY xArm 5 (XF1300) hamkorlikdagi manipulyatori olindi. Bu — beshta aylanma bo‘g‘imdan iborat (5-DOF) nisbatan ixcham robot bo‘lib, maksimal yetish radiusi 700 mm, ko‘tara oladigan yuki 3 kg gacha, ta’minlanish kuchlanishi 24 V va eng yuqori quvvati 500 Vt ni tashkil etadi. Uning kinematik tuzilishi 1-rasmda, asosiy texnik ko‘rsatkichlari esa 1-jadvalda keltirilgan. Manipulyator Python dasturlash interfeysi (SDK) orqali boshqarilishi sababli energiya-samarali boshqaruv algoritmlarini sinash uchun qulay platforma hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



xArm 5 (XF1300) manipulyatorining asosiy texnik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Qiymat
Model	UFACTORY xArm 5 (XF1300)
Erkinlik darajalari (DOF)	5
Maksimal yetish radiusi	700 mm
Maksimal yuk	3 kg
Ta’minot kuchlanishi	24 V (doimiy tok)
Maksimal quvvat	500 Wt
Boshqaruv interfeysi	Python SDK

1-rasm. xArm 5 manipulyatorining 5-DOF kinematik tuzilishi

1-jadval

xArm 5 (XF1300) manipulyatorining asosiy texnik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	**Qiymat**
Model	UFACTORY xArm 5 (XF1300)
Erkinlik darajalari (DOF)	5
Maksimal yetish radiusi	700 mm
Maksimal yuk	3 kg
Ta’minot kuchlanishi	24 V (doimiy tok)
Maksimal quvvat	500 Vt
Boshqaruv interfeysi	Python SDK
Ishlab chiqaruvchi	UFACTORY (Xitoy)

Tahlil usuli. Tadqiqot tahliliy-qiyosiy xususiyatga ega bo‘lib, mavjud ilmiy manbalarni umumlashtirish va yagona mezonlar asosida solishtirish usuliga asoslanadi. Tahlil uchun manipulyatorning energiya sarfi quyidagicha ta’riflanadi: harakat sikli davomida barcha bo‘g‘imlardagi moment (τ) va burchak tezligi (q̇) ko‘paytmasining integrali, ya’ni $E = \int \tau \cdot \dot{q}\, dt$. Aynan shu funksional minimallashtirilishi kerak bo‘lgan maqsad sifatida qabul qilinadi. xArm 5 misolida bu yig‘indi uning beshta bo‘g‘imi bo‘yicha hisoblanadi.

Neyron tarmoqlar bu masalaga uch xil ko‘rinishda qo‘llaniladi. Birinchidan, tarmoq dinamik model o‘rnida ishlatilib, berilgan trayektoriya uchun energiya sarfini bashorat qiladi. Ikkinchidan, tarmoq energiya jihatdan maqbul trayektoriyani bevosita generatsiya qiladi. Uchinchidan, mustahkamlovchi o‘qitish doirasida tarmoq energiyani kamaytiruvchi boshqaruv siyosatini shakllantiradi.

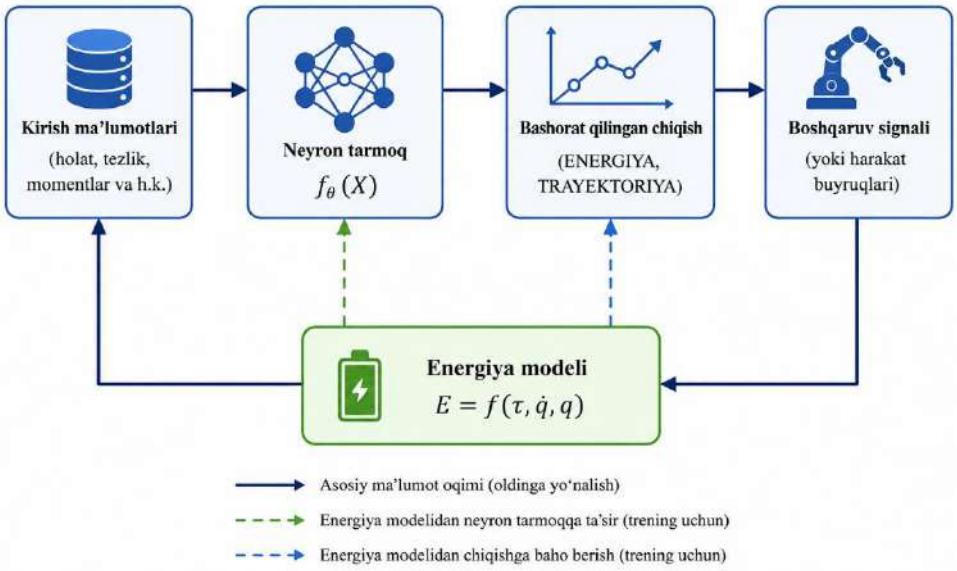
ISSN 3030-3907

Mazkur ishda asosiy e’tibor birinchi va ikkinchi yo‘nalishga, xususan rekurrent tarmoqlar imkoniyatiga qaratiladi.

Rekurrent tarmoqlarning ustunligi shundaki, ular bo‘g‘im harakatining ketma-ket tabiatini hisobga oladi: oldingi vaqt qadamlaridagi holat keyingisiga ta’sir qiladi. LSTM va GRU bu bog‘lanishlarni xotirada saqlaydi, ikki yo‘nalishli ishlov esa trayektoriyaning to‘liq konteksti asosida aniqroq bashorat beradi. Shu sababli BiLSTM va GRU elementlarini birlashtirgan gibrid arxitekturalar aniqlik bilan hisoblash tejamkorligi o‘rtasida muvozanat ta’minlashi mumkin. Qiyoslash uchun beshta mezon belgilandi: aniq dinamik modelga bog‘liqlik, o‘zgaruvchan sharoitga moslashuvchanlik, hisoblash murakkabligi, o‘rgatish ma’lumotiga ehtiyoj va energiya tejash salohiyati.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Neyron tarmoqqa asoslangan energiya-samarali boshqaruvning umumiy tuzilishi 2-rasmda keltirilgan. Manipulyatordan olingan holat ma’lumotlari (q, q̇) rekurrent tarmoqqa uzatiladi; tarmoq energiya mezoni asosida maqbul trayektoriya yoki moment qiymatini hosil qiladi va bu boshqaruv ta’siri tizimga qaytariladi.



2-rasm. Neyron tarmoqqa asoslangan energiya-samarali boshqaruv sxemasi

Asosiy yondashuvlarning qiyosiy tahlili 2-jadvalda umumlashtirilgan.

2-jadval

Energiya sarfini kamaytirish yondashuvlarining qiyosiy tahlili

Yondashuv	Model talabi	Moslashuvchanlik	Hisoblash murakkabligi	Energiya tejash salohiyati
Klassik trayektoriya optimizatsiyasi	Yuqori	Past	O‘rta	O‘rta–yuqori

ISSN 3030-3907

Mustahkamlovchi o‘qitish (RL)	Past–o‘rta	Yuqori	Yuqori	Yuqori
Rekurrent NN (LSTM/GRU/BiLSTM)	Past	Yuqori	O‘rta	Yuqori
Gibrid (rekurrent NN + optimizatsiya)	O‘rta	Yuqori	O‘rta–yuqori	Yuqori

(muallif tomonidan manbalar asosida tuzilgan)

Jadvaldan ko‘rinadiki, klassik trayektoriya optimizatsiyasi yuqori aniqlik bersa-da, aniq dinamik modelga qattiq bog‘liq va o‘zgaruvchan sharoitda samarasi pasayadi. Mustahkamlovchi o‘qitish eng yuqori moslashuvchanlikka ega, biroq katta hajmdagi ma’lumot va hisoblash quvvatini talab qilgani uchun amaliy joriy etish murakkab. Rekurrent neyron tarmoqlar esa ma’lumotga asoslangani, o‘zgaruvchan yukka moslasha olgani va hisoblash jihatidan nisbatan tejamkorligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa rekurrent tarmoq bashoratini optimizatsiya bilan birlashtirgan gibrid yondashuvlar amaliy nuqtai nazardan istiqbolli ko‘rinadi.

Adabiyotda keltirilgan natijalar energiyaga yo‘naltirilgan trayektoriya rejalashtirish va boshqaruv sezilarli, ko‘pincha o‘nlab foiz darajasidagi tejashga olib kelishi mumkinligini ko‘rsatadi [1]. Shu bilan birga, usulni real manipulyatorga joriy etishda bashoratning real vaqtda bajarilishi, kontroller resurslarining cheklanganligi va modelni yangi sharoitga moslash masalalari muhim ahamiyat kasb etadi. Bu omillar neyron tarmoqni iloji boricha ixcham va tez ishlaydigan ko‘rinishda loyihalashni taqozo etadi.

Mazkur yondashuvni xArm 5 manipulyatoriga tatbiq etishda uning konstruktiv xususiyatlari alohida ahamiyatga ega. Birinchidan, manipulyator 3 kg gacha o‘zgaruvchan yuk bilan ishlaydi; yuk o‘zgarganda bo‘g‘imlardagi moment va, demak, energiya sarfi ham o‘zgaradi. Bunday o‘zgaruvchanlikni aniq dinamik model orqali to‘liq qamrab olish murakkab bo‘lgani uchun, ma’lumotga asoslangan rekurrent tarmoqlar bu platforma uchun ayniqsa qulaydir. Ikkinchidan, xArm 5 ning past quvvati (500 Vt) va Python SDK orqali boshqarilishi energiya-samarali boshqaruv algoritmlarini real vaqtda sinash hamda o‘lchash imkonini beradi. Shu bois ushbu manipulyator institut laboratoriyasida rekurrent tarmoqqa asoslangan usullarni amaliy tekshirish uchun mos eksperimental platforma bo‘la oladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, neyron tarmoq usullari, ayniqsa rekurrent arxitekturalar, robot manipulyatorlarining vaqtga bog‘liq dinamikasini ifodalash va energiya-samarali boshqaruvni ta’minlashda samarali vositadir. Ma’lumotga asoslangan bu yondashuvlar aniq dinamik modelga bog‘liqlikni kamaytiradi va o‘zgaruvchan ish sharoitiga moslasha oladi. BiLSTM va GRU elementlarini

ISSN 3030-3907

birlashtirgan gibrid tarmoqlar aniqlik bilan hisoblash tejamkorligi o‘rtasidagi maqbul muvozanat sifatida alohida e’tiborga loyiq.

Kelgusi izlanishlarda mazkur yondashuvlarni Andijon davlat texnika institutidagi xArm 5 manipulyatorida eksperimental sinovdan o‘tkazish, rekurrent bashoratni optimizatsiya algoritmlari bilan birlashtirish hamda tarmoqning kontroller darajasida real vaqtda ishlashini ta’minlash ko‘zda tutiladi. Bu yo‘nalishlar manipulyatorlarning energiya samaradorligini oshirishda amaliy ahamiyatga ega bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Carabin G., Wehrle E., Vidoni R. A Review on Energy-Saving Optimization Methods for Robotic and Automatic Systems // Robotics. – 2017. – Vol. 6, № 4. – Art. 39. https://doi.org/10.3390/robotics6040039
2. Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G. Robotics: Modelling, Planning and Control. – London: Springer, 2009. – 632 p.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
4. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, № 8. – P. 1735–1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735
5. Cho K., van Merriënboer B., Gulcehre C. et al. Learning phrase representations using RNN encoder–decoder for statistical machine translation // Proceedings of EMNLP. – 2014. – P. 1724–1734. https://doi.org/10.3115/v1/D14-1179
6. Schuster M., Paliwal K.K. Bidirectional recurrent neural networks // IEEE Transactions on Signal Processing. – 1997. – Vol. 45, № 11. – P. 2673–2681. https://doi.org/10.1109/78.650093
7. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. – Cambridge: MIT Press, 2018. – 552 p.

ANALYZING THE EFFECTIVENESS OF WORKPLACE CONDITIONS AND EQUIPMENT INJURY RISK ASSESSMENT

Azizov Shavkat Abdurahmanovich
Associate Professor of Karshi State Technical University
E-mail: Azizov19752mail.ru
Eshmukhamedov Latif Makhmayusufovich
Senior Lecturer at Karshi State Technical University
E-mail: **latifbek95@gmail.com**
Qudratov Bunyod
Student of the Department of Transport Vehicles Engineering

Abstract. This article analyzes the working conditions within manufacturing enterprises, the injury risks associated with production equipment, as well as the challenges related to occupational accidents and diseases. Furthermore, the paper presents scientific proposals and practical recommendations developed by the author to address these critical issues.

Keywords: Working conditions, workplaces, workplace certification (assessment), similar workplace, work zone (workspace), personal protective equipment (PPE), harmful production factors, working environment.

Annotatsiya. Ushbu maqolada ishlab chiqarish korxonalaridagi mehnat sharoitlari, ishlab chiqarish uskunalari bilan bog‘liq shikastlanish xavflari, shuningdek, ishlab chiqarishdagi baxtsiz hodisalar va kasb kasalliklari bilan bog‘liq muammolar tahlil qilingan. Bundan tashqari, ishda ushbu jiddiy muammolarni hal qilish uchun muallif tomonidan ishlab chiqilgan ilmiy takliflar va amaliy tavsiyalar taqdim etilgan.

Kalit so‘zlar: Mehnat sharoitlari, ish o‘rinlari, ish o‘rinlarini attestatsiyadan o‘tkazish (baholash), bir xil (o‘xshash) ish o‘rni, ish hududi (ish zonasi), shaxsiy himoya vositalari (SHHV), zararli ishlab chiqarish omillari, ish muhiti (mehnat muhiti).

Аннотация. В данной статье анализируются условия труда на производственных предприятиях, риски травматизма, связанные с производственным оборудованием, а также проблемы, связанные с несчастными случаями на производстве и профессиональными заболеваниями. Кроме того, в работе представлены разработанные автором научные предложения и практические рекомендации по решению этих серьезных проблем.

Ключевые слова. Условия труда, рабочие места, аттестация (оценка) рабочих мест, аналогичное рабочее место, рабочая зона (рабочее пространство), средства индивидуальной защиты (СИЗ), вредные производственные факторы, рабочая среда (производственная среда).

INTRODUCTION.

When examining current occupational safety and health (OSH) activities within manufacturing enterprises, workplace certification regarding working conditions and equipment injury risks holds a pivotal position. Based on the outcomes of this certification, targeted measures are formulated to enhance working conditions, an information database is established to evaluate health degradation risks, and employees' legal rights to receive compensation for working in unfavorable conditions are determined.

Workplace certification based on working conditions is a mandatory measure regulated in accordance with Appendix 1 of Resolution No. 263 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated September 15, 2014. This assessment is conducted to enable employers to objectively evaluate the conditions under which their personnel work and, where necessary, implement measures to improve them. Statistical data indicates that adverse effects can occur even in the most modern workplaces, thereby creating a continuous necessity for regular workplace assessments [9].

The primary relevance of workplace certification lies in preserving employee health and preventing occupational diseases. This assessment is executed by the employer in collaboration with a specialized certifying organization engaged on a contractual civil-law basis. While standard certification is conducted once every five years, an unscheduled assessment becomes mandatory if the organization establishes new workplaces, modifies technological processes, or alters production equipment.

The ultimate objective of certifying workplaces for working conditions and equipment injury risk is to comprehensively evaluate the working environments, the physical severity and intensity of labor processes, and equipment safety hazards. This complex procedure aims to assess harmful and dangerous production factors, thereby aligning them with statutory requirements. Ultimately, certification serves to uphold citizens' constitutional rights to a safe and healthy working environment that complies with established occupational safety and health (OSH) norms, rules, and guidelines, while actively identifying unfavorable, harmful, and hazardous production factors.

During the research process, methods such as the analysis of scientific and academic literature, comparative analysis, and synthesis were utilized. Social and labor relations associated with the assessment of working conditions within enterprises were comprehensively investigated.

A range of regulatory documents and literature concerning workplace certification was analyzed. One of the most critical legal instruments in the labor sector is the Labor Code of the Republic of Uzbekistan, which establishes

ISSN 3030-3907

occupational safety and health requirements, employee rights, and employer obligations.

Article 352 of the Labor Code of the Republic of Uzbekistan mandates that employers must ensure working conditions that meet safety and hygiene requirements. Furthermore, this Code stipulates that the State guarantees the protection of workers' rights to labor under conditions aligning with OSH requirements [2].

The International Labour Organization (ILO) Occupational Safety and Health Convention No. 155 was ratified in accordance with Law of the Republic of Uzbekistan No. LRU-969 dated October 2, 2024. Article 16 of this Convention states: "Employers shall be required to ensure that, so far as is reasonably practicable, the workplaces, machinery, equipment and processes under their control are safe and without risk to health." Additionally, the Decent Work Country Programme for the Republic of Uzbekistan for 2021–2025 was signed between Uzbekistan and the ILO. Within the framework of this program, continuous operations are being conducted to improve the regulatory framework governing labor relations, expand employment and decent work opportunities for youth, women, and socially vulnerable segments of the population, and ensure their access to quality, inclusive education and social protection that fosters social dialogue [7].

Regarding the impact of hazardous production factors, U.R. Yuldashev, O.D. Rakhimov, R.T. Khojakulov, and O.T. Hasanova note in their textbook Occupational Health and Safety: "Occupational diseases in production arise due to dust exposure in the workplace air, gases, noise, vibrations, and fluctuations in air temperature, pressure, and humidity. Prolonged exposure of the human body to adverse production factors can cause an employee to contract an occupational disease, potentially leading to temporary or permanent disability" [5].

In accordance with labor legislation, the strict execution of the following measures must be guaranteed within enterprises, organizations, and institutions in the field of occupational safety and health:

Systematic organization of OSH operations: Creating favorable working conditions for personnel, training employees on OSH rules and standards, improving their knowledge level, and developing a preventive action plan to avert accidents and occupational diseases.

Workplace certification and provision: Conducting assessments regarding working conditions and equipment injury risks, and providing workers with special clothing, footwear, personal protective equipment (PPE), and dairy products free of charge.

Administrative and public control: Establishing a structured (three-stage) oversight system by employers and trade union committees to ensure strict

ISSN 3030-3907

compliance with established OSH rules and standards within enterprises, organizations, and institutions.

Evaluating the compliance of working conditions with occupational safety and health (OSH) requirements incorporates the following core comprehensive assessments:

Assessment of the compliance of working conditions with industrial hygiene standards;

Assessment of workplace injury risks;

Assessment of the adequacy of personal protective equipment (PPE) provision for employees;

Comprehensive evaluation of working conditions at the workplace.

The assessment of working conditions against hygiene standards is carried out by specialists from the certifying organization. This evaluation must utilize methods prescribed by regulatory legal acts and other relevant documents, alongside verified and calibrated measuring instruments. The assessment of compliance with hygiene standards is conducted in accordance with criteria defined by the Hygiene Classification of Working Conditions, focusing on the indicators of harmfulness and hazard levels of environmental factors, as well as the physical severity and intensity of the labor process.

a) Based on the assigned levels of individual sub-factors within the production environment and labor process, each comprehensive environmental and operational factor is evaluated as follows:

- According to the highest class and degree of harmfulness;
- If 3 or more factors belong to class 3.1, the overall assessment of working conditions is adjusted to class 3.2;
- If two or more factors of classes 3.2, 3.3, or 3.4 are present, the overall working conditions are graded one step higher.

b) A general compliance assessment of working conditions against industrial hygiene standards is determined based on the established tiers of each factor within the production environment and labor process:

- According to the highest class and degree of harmfulness;
- If 3 or more factors correspond to class 3.1, the overall evaluation aligns with class 3.2;
- If two or more factors of classes 3.2, 3.3, or 3.4 exist, the working conditions are graded one step higher.

c) When the duration of exposure to harmful production factors is reduced (protection by time), working conditions may be evaluated as less harmful, provided the rating does not fall below class 3.1.

ISSN 3030-3907

d) Production environment and labor process factors (sub-levels) that are absent at the certified workplace may be omitted from the Working Conditions Card [9].

Based on these certification findings, additional annual paid leave is granted to employees working under unfavorable conditions.

Table 1.

The DURATION of annual additional leave for employment under unfavorable and specific working conditions

Working Conditions Class	Degree / Sub-class	Duration of Additional Leave (in days)
Class 1: Optimal	-	0
Class 2: Permissible	-	0
Class 3: Harmful	**3.1** (1st Degree)	3
	3.2 (2nd Degree)	4-6
	3.3 (3rd Degree)	7-12
	3.4 (4th Degree)	13-18
Class 4: Hazardous	-	19-24

The assessment of the injury risks associated with production equipment is conducted by analyzing technical documentation containing safety requirements for executing operations, as well as through external visual inspections of the production machinery during routine operations to verify its compliance with the requirements of occupational safety and health legislation.

Assessing the injury risks of tools and appliances is performed via external visual inspections and auditing their current status to ensure full compliance with the requirements of occupational safety and health legislation.

The assessment of providing employees with personal protective equipment (PPE) is carried out by sequentially executing the following procedures:

- Comparing the nomenclature of the actually issued PPE with the relevant model norms established for the free provision of PPE to employees;
- Verifying the availability of certificates (or declarations) of conformity for the PPE distributed to personnel;
- Auditing the established procedures and regulations governing employee PPE provision;
- Assessing the compliance and suitability of the issued PPE in relation to the actual working conditions at the workplace.

A comprehensive evaluation of workplace conditions incorporates the following data:

ISSN 3030-3907

- The established class/level of working conditions based on the results of the compliance assessment against industrial hygiene standards;
- The risk level of working conditions categorized by equipment injury hazards;
- The outcomes and findings from the assessment of employee PPE provision.

All certification materials from the enterprise where the workplace assessment was conducted must undergo a mandatory state expert evaluation by the competent labor authorities.

The results of the workplace certification are utilized for the following purposes:

- Developing and implementing measures to align working conditions with the requirements of occupational safety and health (OSH) norms, rules, and guidelines;
- Establishing legal benefits and compensations prescribed by legislation for employees engaged in heavy labor, unfavorable, harmful, and/or hazardous environments, or other special working conditions;
- Informing employees about current workplace conditions, existing health risks, protection measures against harmful and/or hazardous production factors, and the specific compensations they are entitled to for heavy, unfavorable, harmful, or other special labor conditions;
- Monitoring and controlling working environments at the workplace;
- Conducting occupational risk assessments;
- Providing workers with appropriate personal protective equipment (PPE) and collective protective equipment;
- Compiling statistical reports on the state and dynamics of working conditions;
- Confirming and certifying that the overall organization of OSH operations complies with statutory safety requirements;
- Resolving occupational origin issues and verifying diagnoses when a professional disease is suspected;
- Reviewing and settling disputes or disagreements regarding the provision of safe working conditions for personnel;
- Providing sanitary, domestic, and medical services to employees in strict accordance with OSH regulations, standards, and directives.

In conclusion, it is imperative to place significant emphasis on the quality of workplace certification regarding working conditions and equipment injury risks. The documentation and assessment materials generated by certified enterprises must strictly undergo a state expert evaluation by competent labor authorities. Furthermore, it is highly advisable to continuously optimize and improve the existing frameworks for diagnosing, registering, and preventing occupational diseases linked to hazardous and harmful working environments.

ISSN 3030-3907

LIST OF REFERENCES:

1. Labour Code of the Republic of Uzbekistan.
2. Law of the Republic of Uzbekistan on Labour Protection. // Collection of Legislation of the Republic of Uzbekistan – Tashkent: 2016.
3. International Labour Organization (ILO). Occupational Safety and Health Statistics and Reports.
4. ILO. Global Estimates of Work-Related Accidents and Diseases.
5. International Labour Organization (ILO). Safety and Health at Work reports and guidelines
6. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan No. 60 dated February 11, 2005, "On Approval of the Rules for Reimbursement of Damage Caused to Employees by Injury, Occupational Disease or Other Health Damage Related to the Performance of Their Labor Duties
7. A. Mark , P. Friend James Fundamentals of Occupational Safety and Health. Bernan Press. Germaniya, 2007
8. Resolution No. 62 of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated 8 February 2022
9. www.ziyo.edu.uz – Website of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan
10. www.ilo.org – Official website of the International Labour Organization
11. www.lex.uz

ISSN 3030-3907

TEXNOLOGIK TA’LIMDA FANLARARO ALOQADORLIKNING AHAMIYATI

Madraximova Maxfuza Axmedovna
Qo‘qon DU, assistent-o‘qituvchi
Madraximov Shuxratjon Shukurovich
Qo‘qon DU, dotsent v.v.b.

Annotatsiya. Ushbu maqolada texnologik ta’limda fanlararo aloqadorlik masalalari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Texnologik ta’lim, fanlararo aloqadorlik, geometrik bilimlar, amaliy mashg‘ulot, geometrik yasash ko‘nikmalari, samarali natijalar.

Аннотация. В данной статье освещаются вопросы междисциплинарности в технологическом образовании.

Ключевые слова: Технологическое образование, междисциплинарная коммуникация, геометрические знания, практические занятия, навыки геометрического проектирования, эффективные результаты.

Annotation. In this article, the issues of interdisciplinarity in technological education are covered.

Keywords: Technology education, interdisciplinary communication, geometric knowledge, practical training, geometric design skills, effective results.

KIRISH.

Bugungi kunda O‘zbekistonda yoshlarning ta’lim-tarbiyasi “Ta’lim to‘g‘risida”gi qonunning ijrosini ta’minlash maqsadida qabul qilingan meyoriy hujjatlarga asoslangan holda tizimli tashkil etilgan. Ta’lim-tarbiyaning maqsadlaridan biri muayyan ma’noda yoshlarni amaliy faoliyatga tayyorlashdir. O‘quvchi-yoshlarni amaliy faoliyatga tayyorlashda, ayniqsa ularda mehnat va kasb-hunar ta’limiga oid bilim, ko‘nikma va malakalarni oshirish alohida ahamiyat kasb etadi. Texnologik ta’lim mashg‘ulotlarini fanlararo aloqadorlikda o‘qitish esa ularning bilim, ko‘nikma va malakalarini yanada takomillashtirishning asosiy omillaridan biri bo‘lib xizmat qiladi. Xususan, geometriya fanining texnologik ta‘limni tashkil etish jarayoniga tatbiq qilinishi uning amaliy xarakterini ochib beradi [1]. Darhaqiqat, har qanday bilim o‘zining nechog‘lik tatbiq qilinishi bilan ahamiyatlidir. Texnologik ta‘lim va geometriya fanining o‘zaro aloqadorligi bevosita o‘quvchilarning o‘z geometrik bilimlarini texnologik ta‘lim mashg‘ulotlarida, xususan amaliy mashg‘ulotlar davomida qo‘llash jarayonlarida namoyon bo‘ladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Ta‘limda fanlararo aloqadorlik jarayonining pedagogik asoslarini, shuningdek, mavzulardagi integrativ yondoshuvni ko‘p olimlar o‘z tadqiqotlarida asoslashgan.

ISSN 3030-3907

A.Bugayev, A.Belyayeva, V.Razumovskiy, A.Usova, G.Fedorets V.Fedorova kabi olimlar tomonidan tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. Fanlarni aloqadorlikda o‘qitish muammolari yuzasidan: A.Xodjaboyev, M.Mamadiyorov, N.G‘ofurov, A.Musurmonov, M.Rayemov, E.Turdiqulov, N.Dadanov kabi o‘zbek olimlarining olib borgan ishlari ham diqqatga sazovordir. Shuningdek, S.Ro‘ziboyev, U.Musayev, T.Dayanayeva, A.Salomov, O.Abduxalilov va boshqa olimlar o‘quv fanlarini aloqadorligining turli qirralari, o‘quv-biluv jarayonini optimallashtirish imkoniyatlarini tahlil qilganlar.

Pedagogika fanlari tizimida fanlararo bog‘liqlik va aloqadorlikning didaktik ta’limdagi ahamiyati va fanlarni o‘zaro bog‘liqlik va aloqadorlikda tashkil etishning umumiy jihatlari ancha keng va ilmiy asosli yoritilgan bo‘lsada, aynan texnologik ta’lim darslarini o‘zining tabiiy tizimli xususiyatlariga ko‘ra boshqa fanlar bilan aloqadorlikda tashkil etish amaliyoti va tajribasi yetarli darajada o‘rganilmagan. Shunga ko‘ra biz o‘zimizning pedagogik amaliyotimizda texnologik ta’lim darslarini boshqa fanlar bilan o‘zaro aloqadorlikda tashkil etishning ta’lim samaradorligini oshirishdagi imkoniyatlarini aniqlashga harakat qildik.

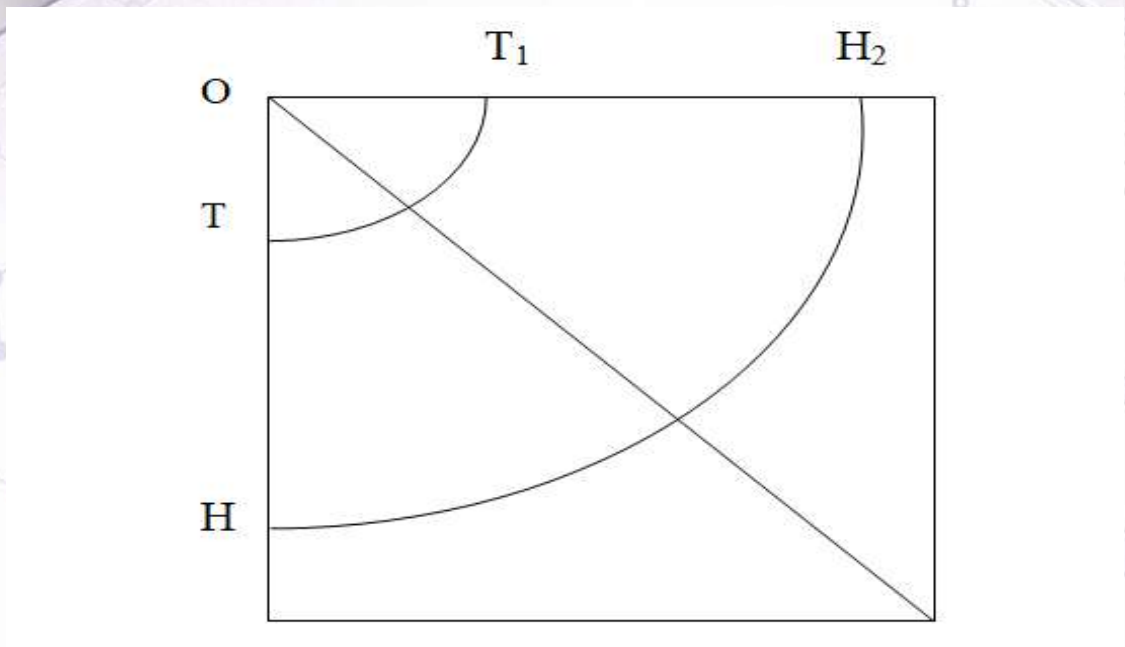
TADQIQOT METODOLOGIYASI.

O‘quvchilarda o‘lchash va geometrik yasash ko‘nikmalari yuqori darajalarda bo‘lgan holda texnologik ta‘lim va geometriya fanlari orasidagi aloqadorlik samarali natijalar beradi.

Texnologik ta’lim elementar geometrik yasashlarga tayanadi. Turli texnologik jarayonlar, gazlamalarga ishlov berish turlicha geometrik yasashlar yordamida amalga oshiriladi. Masalan, umumiy o‘rta ta’lim maktablarining 6-sinflarida III chorakda “Yubka chizmasini chizish. Yubka eskizini chizish va modellashtirish” mavzusini o‘qitishda o‘quvchilar yubka chizmasini tayyorlash uchun dastlab to‘g‘ri to‘rtburchak qurishdan foydalanadilar (HOH_1O_1; 1-rasm) [3].

So‘ngra O nuqtadan $OT=OT_1$ kesmalar belgilab olinadi, T va T_1 nuqtalar orqali $TH=T_1H_1$ bir-biriga teng bo‘lgan kesmalar, ya’ni kesma uzunligini belgilanadi (1-jadval).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Yubka chizmasi.

1-jadval.

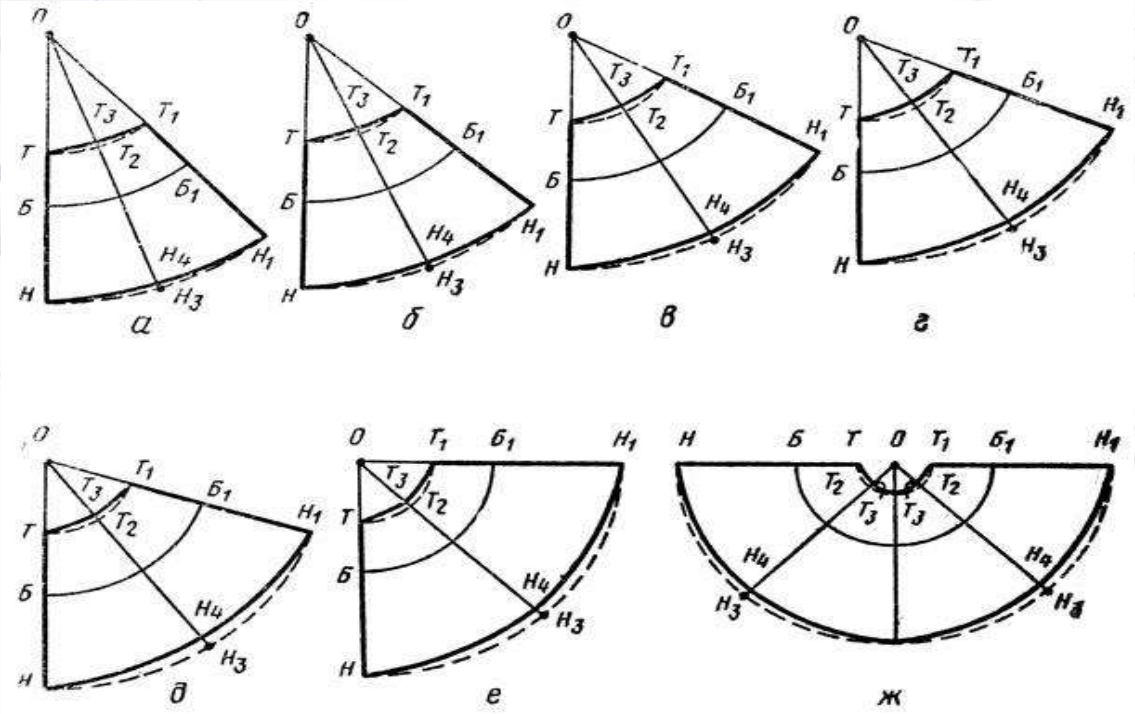
N	**Chizmadagi kesmalar**	**Hisoblash formulasi**	**Standart o‘lchov**	**Mening o‘lchovim**
1	OT	0.64 x BelA	22.4	
2	TH	KU	55	
3	TT_1, HH_1	Radiusli yoylar chiziladi		
Yubkaning to‘g‘ri yopishib turishi hamda qiya qismidagi uzunligini to‘g‘rilash uchun bel chizig‘i 1.75 smga ko‘tariladi, etak chizig‘i 3.5 smga kamaytiriladi.				

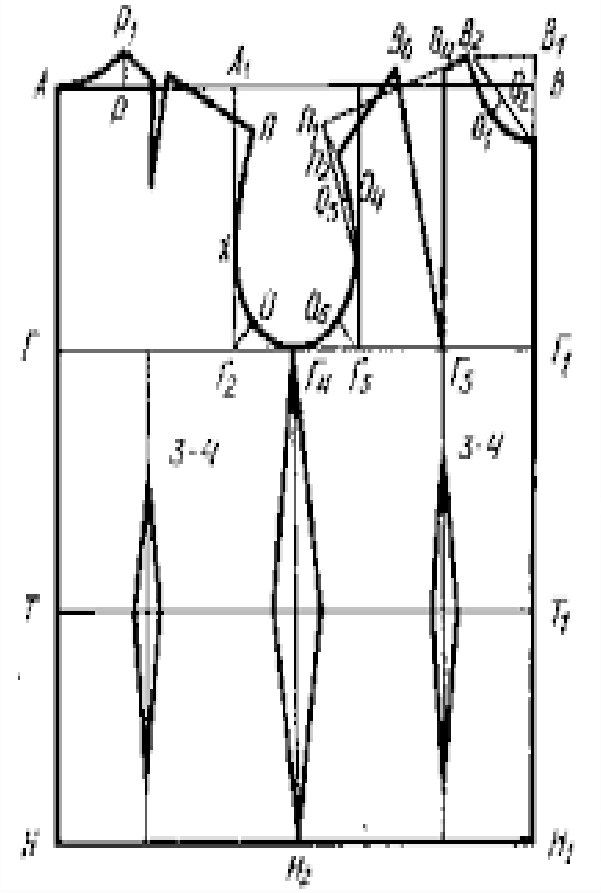
TAHLILLAR VA NATIJALAR.

Ushbu mavzuni o‘qitish jarayonida o‘quvchilar elementar geometrik yasashlarni puxta egallagan bo‘lsalargina yubka chizmasini chiza olish ko‘nikmasiga ega bo‘ladilar. Konussimon yubkalar butun aylana va aylananing qismlaridan iborat bo‘lib, ularning bir necha xillari mavjud. Ularning chizmalarini tayyorlashda va keyinroq 7-sinflarda “Ko‘ylak old asos to‘r chizmasini chizish”, “Ko‘ylak orqa asos to‘r chizmasini chizish” kabi mavzularni [2] o‘qitishda ko‘ylak old asos to‘r chizmasi va ko‘ylak orqa asos chizmasini tayyorlashda hamda turli kiyimlar va detallarni modellashtirish jarayonlarida o‘quvchilar turli geometrik yasashlardan, xususan, kesmalarni qo‘yish, o‘tkir va o‘tmas burchaklarni yasash, burchak bissektrisasini o‘tkazish, nur o‘tkazish, turli radiusli aylanalar, aylana yoylarini yasashlar va hokazolardan foydalanadilar (2-rasm).

ISSN 3030-3907

O‘quvchilarning ushbu geometrik yasashlarni aniq va to‘g‘ri bajarishlari kiyim chizmasining hamda andozasining to‘g‘ri tayyorlanishiga olib keladi [3].





2-rasm. Yubka va ko‘ylak chizmasi.

XULOSALAR.

Xulosa o‘rnida shuni ta’kidlash mumkinki, fanlararo aloqadorlik o’quv bilimlarining integratsiyasida ifodalanadi, bir o’quv fanidan olingan bilimlardan

ISSN 3030-3907

boshqa fanni o’zlashtirishda foydalanish o‘quvchilarning fikrlash faoliyatini eng yaxshi tashkil qilinishini ta’minlaydi.

Fanlararo aloqadorlikni faqat turli predmetlardan o‘rganiladigan bilimlarning o‘zaro bog‘lanishi deb tushunmay, balki o‘qitish texnologiyalari, metodlari, shakllarining ham integratsiyasi sifatida tushunish lozim. Ularni to‘g ‘ri amalga oshirish ta‘lim samaradorligini ta‘minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Salomov A.A. Matematikaning fanlararo aloqadorlik funksiyasi asosida yuqori sinf o‘quvchilarining ko‘nikma va malakalarini rivojlantirish: Dis. … ped.fan.nom. – Toshkent, 1998. – 182
2. Sharipov Sh.S., Qo‘ysinov O.A., Toxirov O‘.O. Texnologiya. Umumiy o‘rta ta’limning 6-sinflari uchun darslik.
3. Умматова, Махбуба и др. "INNOVATIVE TOOLS FOR EVALUATING STUDENTS'KNOWLEDGE AND SKILLS IN MATHEMATICS LESSONS." Евразийский журнал академических исследований 3.4 Part 4 (2023): 129-132.
4. Akhmedovna, Madrakhimova Makhfuza, et al. "WAYS TO DEVELOP STUDENTS'RESEARCH COMPETENCIES IN TEACHING COMPUTER SCIENCE." Galaxy International Interdisciplinary Research Journal 10.12 (2022): 190-193.
5. Shukurovich, Madrakhimov Shukhratjon, et al. "THE INTEGRATION OF COMMUNICATION TECHNOLOGIES AND INTERACTIVE METHODS IN TEACHING THE SUBJECT OF" METHODS OF TEACHING INFORMATICS"." Galaxy International Interdisciplinary Research Journal 10.12 (2022): 354-359.

ISSN 3030-3907

RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VA INTERFAOL METODLAR ASOSIDA INFORMATIKA TA'LIMINI MODERNIZATSIYA QILISHNING NAZARIY-METODIK ASOSLARI

Madraximova Maxfuza Axmedovna
Qo'qon DU, assistent-o'qituvchi
Madraximov Shuxratjon Shukurovich
Qo'qon DU, dotsent v.v.b.

Annotatsiya. Ushbu maqolada "Informatika fanlarini o'qitishda muammoli ta'lim texnologiyalari" modulini o'qitishda zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va interfaol metodlarning integratsiyasi haqida yoritiladi. Unda «Idrok xaritasi» metodi va EdravMindMaster dasturida idrok xaritasi tayyorlash ketma-ketligi keltirilgan.

Kalit so'zlar: interfaol metodlar, informatika o'qitish metodikasi, "Idrok xaritasi" metodi, zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, integratsiya, ta'lim sifati, fikrlash jarayoni, g'oyalar.

Аннотация. В данной статье рассмотрена интеграция современных информационно-коммуникационных технологий и интерактивных методов в обучении модуля «Проблемные образовательные технологии в обучении информатики». В нём представлен метод «Карта восприятия» и последовательность составления карты восприятия в программе EdravMindMaster.

Ключевые слова: интерактивные методы, методика обучения информатике, метод "карта восприятия", современные информационные и коммуникационные технологии, интеграция, качество образования, мыслительный процесс, идеи.

Abstract. This article deals with the integration of modern information and communication technologies and interactive methods in teaching the module "Problematic educational technologies in computer science teaching". It presents the method of "Perception map" and the sequence of making a map of perception in the program EdravMindMaster.

Key words: interactive methods, computer science teaching methodology, "perception map" method, modern information and communication technologies, integration, quality of education, thought process, ideas.

KIRISH.

Ta'lim sohasi va uning bo'g'ini bo'lgan oliy ta'limga hozirgi paytda davlatimiz tomonidan katta e'tibor berib kelinmoqda. Bu o'rinda O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Sh.M.Mirziyoyevning bevosita rahbarligida ishlab chiqilgan O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasida uzluksiz ta'lim tizimini yanada takomillashtirish, malakali kadrlar

ISSN 3030-3907

tayyorlash siyosatini rivojlantirish hamda moddiy-texnik bazasini mustahkamlashning asosiy g‘oyalari mazkur ishining mohiyatini ochib berishda ilmiy metodik asos bo‘ldi. [1].

Ta’lim – jamiyatni isloh qilish va uni tashqi dunyo uchun yanada ochiq hamda yangi texnologiya va bilimlarga yo‘naltirilgan jamiyatga aylantirishning asosiy omilidir. U nafaqat jamiyatning rivojlanish istiqboli, balki har bir insonning alohida faoliyatini oldindan aniqlaydi va belgilaydi.

Ta’lim sifatini oshirish maqsadida so‘ngi yillarda ta’limning barcha tizimida interfaol metodlardan samarali foydalanib kelinmoqda. Bunda ayniqsa interfaol metodlarning zamonaviy texnologiyalar bilan integratsiyasi yanada samaraliroq natijalar beradi. Shulardan «Idrok xaritasi (ingl. Mind map – fikrlar xaritasi)» metodi

– fikrlash jarayonida ma’lumotni inson idrok etishi uchun qulay shaklda – mantiqiy va assotsiativ sxemalarda aks ettirishning grafik metodi hisoblanadi. Idrok xaritasi fikrlash jarayonini aks ettiradi. Jarayon boshlanganda, bitta fikr boshqalarini keltirib chiqaradi. Har qanday g‘oya deyarli barcha yo‘nalishlarda cheksiz rivojlanishi mumkin. Asosiy g‘oya bir necha yirik g‘oyani o‘z ichiga oladi, ularning har biri, o‘z navbatida, undan ham kichik g‘oyalar ko‘rinishida aniqlanadi. Har bir kichik fikr ma’lum bir global fikr bilan uzviy bog‘liq. Ularning hammasini tasvirlash mumkin [2:-B.30]. Boshqacha aytganda, idrok xaritasi metodi kafolatlangan yakuniy natijani berish imkoniga ega:

– ma’ruza mashg‘ulotlarida yangi bilimlarni bayon qilish (jamoaviy);

– amaliy mashg‘ulotlarida bilimlarni tekshirish, mustahkamlash (kichik guruhlarda);

– mustaqil ta’limda ijodiy ishlash, mantiqiy fikrlash malakalarini rivojlantirish (individual).

Idrok xaritasi metodini olib borish bosqichlari:

1. Miya bo‘roni. Bu mulohaza mavzusini, ya’ni asosiy mavzuni qidirishni maqsad qiladi. Odatda, xarita markazida – ko‘rsatilgan mavzu, ma’lumot.

2. To‘ldirish. Asosiy g‘oya aniqlanganda, u bilan bog‘liq asosiy mavzularni ajratib ko‘rsatish kerak. Ular qisqa nomlarga ega bo‘lishi va xarita iyerarxiyasini yaratishi lozim. Agar toifalar juda mavhum bo‘lsa, ularga rasmlarni biriktirish kerak: bu assotsiatsiyalarni yaratadi va fikrlarni tez tarqatish imkonini beradi. Xaritaning ikkinchi darajasi — mavzular, g‘oyalar yaratila boshlagan joy. Ikkinchi darajada keltirilgan mavzular bir yoki ikki so‘zdan iborat bo‘lishi kerak. Agar xarita oddiy bo‘lsa (uchinchi darajadan oshmasa), ikkinchi darajada taklif yoki eslatma keltirilishi mumkin.

3. Aniqlashtirish. Uchinchi va undan keyingi darajalar – g‘oyalarni aniqlashtirish jarayoni. Bu yerda tavsifli iboralarni, eslatma va havolalarni

ISSN 3030-3907

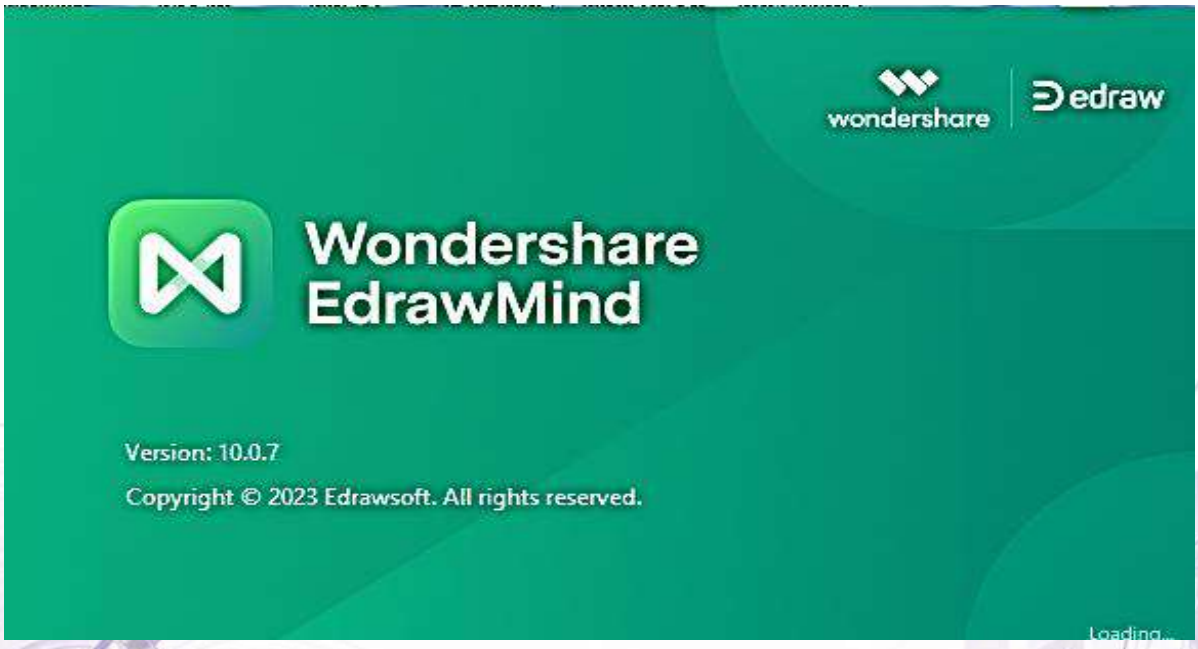
ishlatish, shuningdek, xarita elementlarini bir-biri bilan bog‘lash mumkin. Masalan, turli darajadagi har xil g‘oyalar, eslatma va havolalar o‘rtasidagi aloqalarni belgilash mumkin. Buning yordamida xarita mantiqan boyiydi.

Fikr xaritalari qog‘oz yoki mobil ilovalarda tuzilishi mumkin. Qo‘l bilan chizishning qulayligi kamroq, chunki idrok xaritasini to‘ldirish va takomillashtirish jarayonida tarmoqlar ko‘p siljiydi va o‘zgaradi. Ilovalar yordamida buni bir yoki ikki marta bosish orqali amalga oshirish mumkin. Zamonaviy texnologiyalar yordamida fikrlar xaritasida materialni tasavvur qilish, audio yoki videotarkib bilan to‘ldirish, shuningdek, ushbu elementlarning barchasini ko‘chirish mumkin.

Idrok xaritasi bilan ishlash uchun ba’zi mashhur ilovalar: EdravMindMaster, Bubble.us, Coogle, FreeMind, iMindMap, MindManager, Mindomo, Popplet, SpiderScribe, XMind. Idrok xaritasi dars jarayonida olingan ma’lumotlarni qayta ishlash va tuzishga yordam beradi.

Shuningdek, an’anaviy tahlilda o‘tkazib yuborilgan muhim faktlarni ko‘rish imkonini beradigan assotsiativ fikrlashni faollashtirishga yordam beradi. Idrok xaritasi barcha materiallarni bitta mavzu bo‘yicha to‘plash, barcha jihatlarni ko‘rib chiqish va umumiylikni ko‘rish imkonini beradi.

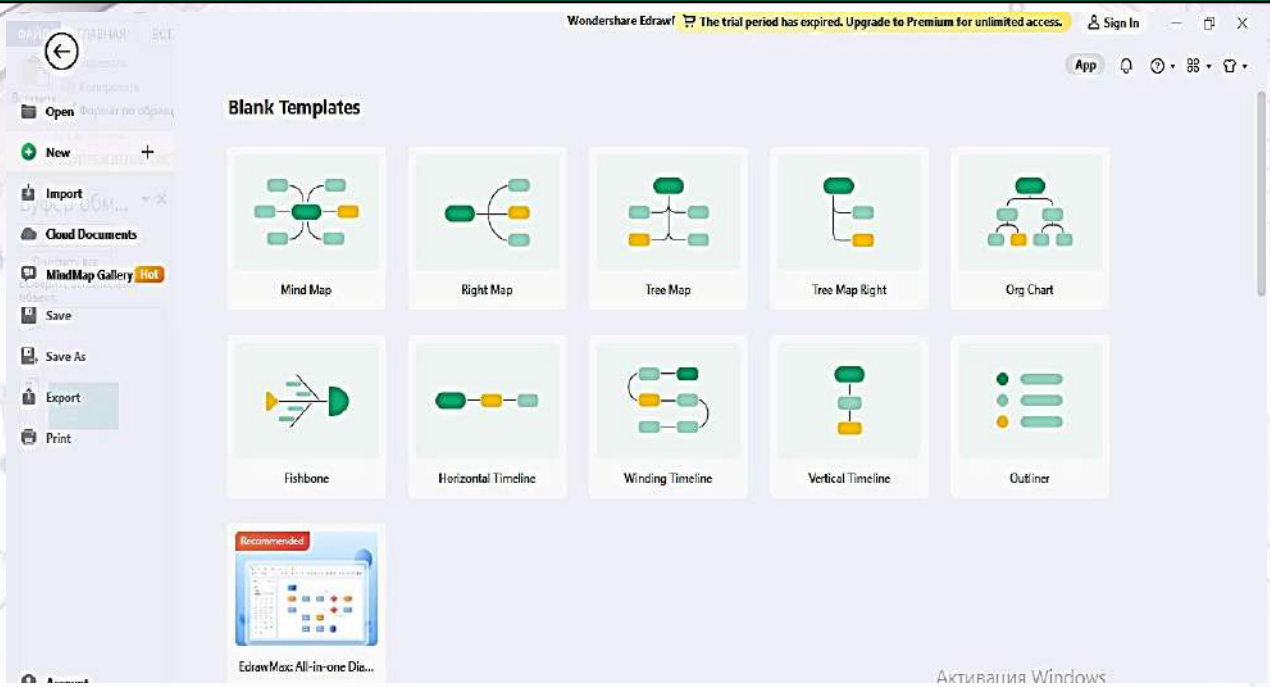
Quyida biz “Informatikani o‘qitish texnologiyalari va loyihalashtirish” fanidan “Informatika fanlarini o‘qitishda muammoli ta’lim texnologiyalari” mavzusi bo‘yicha nazariy bilimlarni berishda ko‘rgazmalilik tamoyillarini amalga oshirish uchun mental xaritalar tayyorlovchi EdravMindMaster dasturidan foydalanish bo‘yicha namuna keltirdik. Dastlab dastur ishga tushiriladi (1-rasm).



1-rasm. EdravMindMaster dasturi ko‘rinishi.

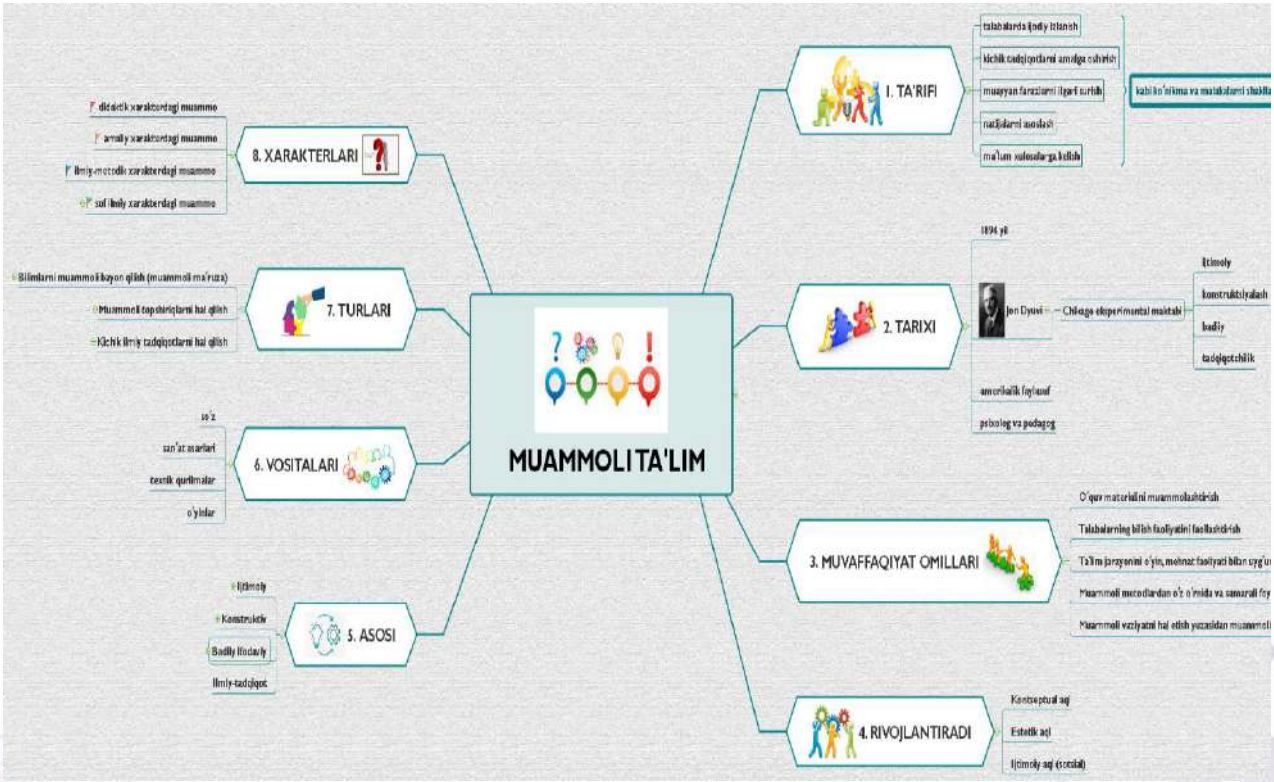
“New” bo‘limidan “Blank templates” dan mavzuga mos xaritalar tanlab olinadi (2-rasm).

ISSN 3030-3907



2-rasm. “Blank templates” bo‘limi ko‘rinishi.

Asosiy g‘oya “Muammoli ta’lim” va u bilan bog‘liq asosiy mavzularni kerakli bo‘limlarga to‘ldiriladi va ularga mos rasmlarni biriktiriladi (3-rasm).



3-rasm. “Muammoli ta’lim” - asosiy g‘oya bo‘yicha idrok xaritasi (namuna sifatida).

Ta’lim va tarbiya jarayonida pedagoglar tomonidan interfaol metodlarning o‘rinli, maqsadli, samarali qo‘llanilishi ta’lim oluvchida muloqotga kirishuvchanlik, jamoaviy faoliyat yuritish, mantiqiy fikrlash, mavjud g‘oyalarni sintezlash, tahlil qilish, turli qarashlar orasidagi mantiqiy bog‘liqlikni topa olish

ISSN 3030-3907

qobiliyatlarini tarbiyalash uchun keng imkoniyat yaratishga xizmat qiladi. Zamonaviy sharoitda ta’lim samaradorligini oshirishning eng maqbul yo‘li - bu mashg‘ulotlarni innovatsion metodlar yordamida tashkil etish va o‘quv jarayonida foydalanishdir.

ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi «O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar Strategiyasi to‘g‘risida»gi PF-4947-son Farmoni. – O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to‘plami, 2017 y., 5-son, 70-modda, 20-son, 354-modda, 23-son, 448-modda.
2. Informatika va axborot texnologiyalari. 9-sinf: O‘qituvchilar uchun o‘quv-metodik qo‘llanma. M. R. Fayziyeva, D. M. Sayfurov. – Toshkent: Tasvir, 2020. – 112 b .
3. Abdunazarova, Dilfuza Tukhtasinovna, Maxfuza Madraximova, and Shuhrat Madrahimov. "SOLVING EQUATIONS IS FOUNDATIONAL FOR MIDDLE AND HIGH SCHOOL MATH." *Scientific Bulletin of Namangan State University* 3.5 (2021): 7-10.
4. Shukurovich, Madrahimov Shuhratjon, and Madrahimova Mahfuza Ahmedovna. "Measures For Monitoring And Evaluation Of Power Activity In Higher Education." *JournalNX*: 423-426.
5. Madrakximova, Mahfuza Akxmedovna, and Maftuna Islomjon qizi Yakubjonova. "CRITERIA OF MONITORING AND EVALUATION FOR EDUCATIONAL ACTIVITIES." *Scientific Bulletin of Namangan State University* 1.6 (2019): 346-347.
6. Shukurovich, Madrakhimov Shukhratjon, et al. "OPPORTUNITIES TO DEVELOP STUDENTS'TEXT WORKING COMPETENCIES IN LECTURE LESSONS." *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal* 10.11 (2022): 799-803.

ISSN 3030-3907

O‘ZBEKISTON YUK AVTOMOBILLARI UCHUN AERODINAMIK DEFLEKTOR KONSTRUKSIYASINI CFD SIMULYATSIYA USULIDA OPTIMALLASHTIRISH

Biloldinov Xusanboy Zafar o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti, , stajyor-tadqiqotchi
Andijon, O‘zbekiston
E-mail: xusanboy2755@gmail.com
Odilov Furqat Umarbekovich
Andijon davlat universiteti, , dotsent, t.f.f.d (PhD)
Andijon, O‘zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston sharoitida ekspluatatsiya qilinadigan yuk avtomobillari uchun aerodinamik deflektorning og‘ish burchagini CFD simulyatsiya usulida optimallashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot ANSYS Fluent 2023 dasturida Kamaz 5490 yuk avtomobilining to‘liq hajmli 3D modeli asosida k-epsilon RNG turbulentlik modeli yordamida o‘tkazildi. Deflektorning 10°, 15°, 20° va 25° burchakli variantlari 60–120 km/soat tezliklarda qiyosiy tahlil qilindi. Natijalar 20° burchak eng past havo qarshilik koeffitsienti (C_d = 0,62) va 10–12% yoqilg‘i tejashni ta’minlashini ko‘rsatdi. Tadqiqotning amaliy hissasi mahalliy avtomobil parki uchun optimal deflektor burchagini aniqlash va energiya tejash imkoniyatini asoslashdan iborat.

Kalit so‘zlar: aerodinamik deflektor, CFD simulyatsiya, havo qarshilik koeffitsienti, yuk avtomobili, yoqilg‘i tejash, og‘ish burchagi, ANSYS Fluent, Kamaz 5490.

Аннотация. В данной статье рассматривается задача оптимизации угла наклона аэродинамического дефлектора для грузовых автомобилей, эксплуатируемых в условиях Узбекистана, методом CFD-моделирования. Исследование проведено в программе ANSYS Fluent 2023 на основе полноразмерной 3D-модели грузового автомобиля Камаз 5490 с использованием модели турбулентности k-epsilon RNG. Варианты дефлектора с углами 10°, 15°, 20° и 25° сравнивались при скоростях 60–120 км/ч. Результаты показали, что угол 20° обеспечивает наименьший коэффициент аэродинамического сопротивления (C_d = 0,62) и экономию топлива 10–12%. Практический вклад исследования заключается в определении оптимального угла дефлектора для местного автопарка и обосновании возможности энергосбережения.

Ключевые слова: аэродинамический дефлектор, CFD-моделирование, коэффициент аэродинамического сопротивления, грузовой автомобиль, экономия топлива, угол наклона, ANSYS Fluent, Камаз 5490.

Abstract. This article addresses the optimization of the inclination angle of an aerodynamic deflector for trucks operated under the conditions of Uzbekistan using the CFD simulation method. The study was carried out in ANSYS Fluent 2023 based on a full-scale 3D model of the Kamaz 5490 truck using the k-epsilon RNG turbulence model. Deflector variants with angles of 10°, 15°, 20° and 25° were compared at speeds of 60–120 km/h. The results showed that the 20° angle provides the lowest drag coefficient (C_d = 0.62) and fuel savings of 10–12%. The practical contribution of the study lies in determining the optimal deflector angle for the local vehicle fleet and substantiating the potential for energy saving.

Keywords: aerodynamic deflector, CFD simulation, drag coefficient, truck, fuel saving, inclination angle, ANSYS Fluent, Kamaz 5490.

KIRISH.

Zamonaviy transport tizimida yuk avtomobillarining iqtisodiy samaradorligi masalasi yildan-yilga dolzarblashib bormoqda. O‘zbekiston Respublikasida 2024-yil holatiga ko‘ra 180 mingdan ortiq yuk avtomobili faoliyat ko‘rsatib, yillik 3,5 milliard tonna-kilometr yuk tashish hajmini ta’minlaydi [1]. Shu bilan birga, transport kompaniyalari uchun eng og‘ir xarajat moddasi bo‘lmish yoqilg‘i sarfi umumiy operatsion xarajatlarning 25–35 foizini tashkil etadi. Bu raqamlar transportda energiya tejash dasturlarini ishlab chiqishni nafaqat iqtisodiy, balki milliy strategik zaruriyatga aylantiradi.

Yuk avtomobillarida aerodinamik qarshilik 80 km/soatdan yuqori tezliklarda umumiy harakat qarshiligining 30–40 foizini tashkil etadi. Aerodinamikaning asosiy qonuniga ko‘ra, havo qarshilik kuchi tezlik kvadratiga proporsional bo‘lgani uchun yuqori tezliklarda bu ko‘rsatkich yanada oshadi [2]. Shuning uchun aerodinamik deflektor — kabina tom qismiga o‘rnatiladigan oddiy, lekin samarali qurilma — yoqilg‘i sarfini kamaytirish imkonini beruvchi eng keng tarqalgan va arzon yechimlardan biri hisoblanadi.

Ammo mavjud tadqiqotlarda deflektor geometriyasining — xususan, uning og‘ish burchagining — aerodinamik ko‘rsatkichlarga ta’siri etarlicha o‘rganilmagan. Muayyan o‘lchamlar bilan tayyorlangan deflektor har bir yuk avtomobili modeli uchun universal bo‘lavermaydi: kabina balandligi, trailer o‘lchamlari va yo‘l sharoitlari bir-biridan farq qiladi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishga — O‘zbekistonda keng tarqalgan yuk avtomobili uchun deflektor burchagining optimal qiymatini aniqlashga qaratilgan.

Tadqiqotning asosiy maqsadi — turli burchak qiymatlaridagi aerodinamik deflektor variantlarini CFD simulyatsiya usuli yordamida qiyosiy tahlil qilish va O‘zbekiston sharoitidagi yuk avtomobillari uchun eng maqbul konstruksiyani aniqlashdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

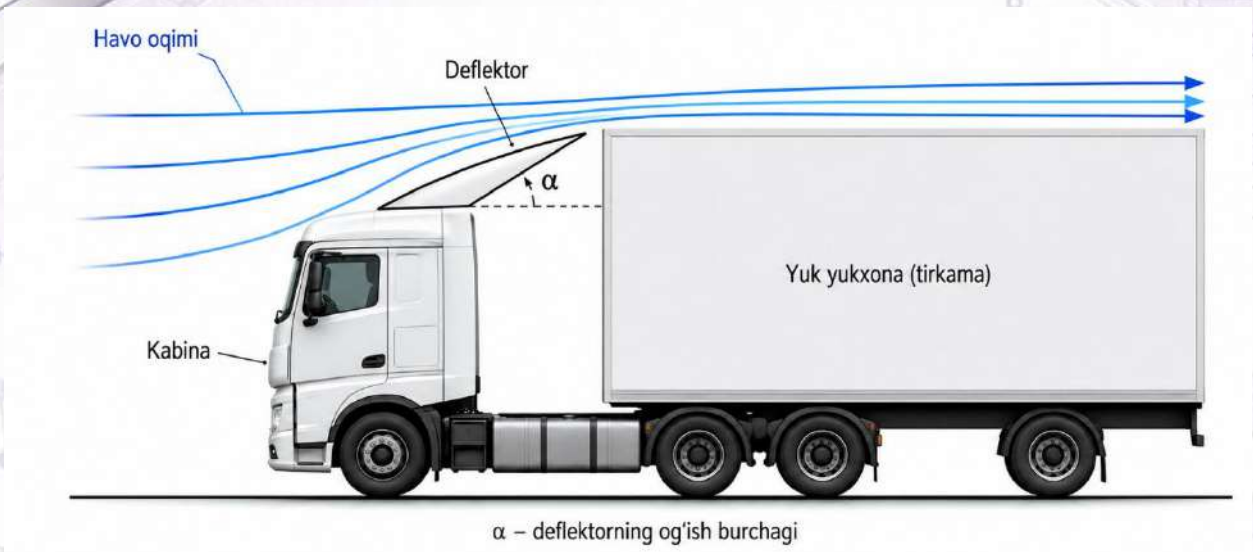
Avtomobil aerodinamikasi sohasidagi fundamental ishlarda havo qarshiligi va tezlik o‘rtasidagi kvadratik bog‘liqlik hamda kabina–trailer tizimidagi oqim ajralishi hodisalari batafsil o‘rganilgan [2]. Yuk avtomobillari uchun yoqilg‘i tejovchi qurilmalarni CFD usulida tadqiq etgan ishlarda hisoblash gidrodinamikasi tajriba sinovlariga muqobil, ishonchli vosita sifatida tan olingan va deflektor kabi qurilmalar havo qarshiligini sezilarli kamaytirishi ko‘rsatilgan [3]. Vertikal yo‘naltiruvchi plastinalar yordamida qarshilikni pasaytirish bo‘yicha tadqiqotlarda geometrik parametr — burchak va o‘lcham — ning optimal qiymati mavjudligi, undan chetlashganda esa samaradorlik pasayishi aniqlangan [4]. Shamol tunnelidagi to‘lao‘lchamli sinovlar esa real sharoitda deflektorlar 10–15 foizgacha yoqilg‘i tejash berishini tasdiqlagan [5]. Shu bilan birga, ushbu ishlarning aksariyati Yevropa va Shimoliy Amerika avtomobil parkiga mo‘ljallangan bo‘lib, mahalliy modellar uchun burchakni individual optimallashtirish masalasi ochiq qolmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot ANSYS Fluent 2023 dasturiy kompleksida amalga oshirildi. O‘zbekistonda keng tarqalgan Kamaz 5490 yuk avtomobilining to‘liq hajmli 3D modeli yaratildi. Turbulentlik modeli sifatida k-epsilon RNG tanlandi — bu model murakkab geometriyali yirik ob’ektlar uchun yaxshi natija berishi ilmiy adabiyotlarda tasdiqlangan [3]. Hisoblash tarmog‘i 8–12 million poliedr elementdan iborat bo‘lib, havo oqimi eng tez o‘zgaradigan mintaqalarda — kabina yuzasi va deflektor atrofida — maxsus qalinlashtirilgan. Havo zichligi 1,184 kg/m³ (20 °C, dengiz sathi), dinamik qovushqoqligi $1{,}82\times10^{-5}$ Pa·s qabul qilindi.

Deflektor burchagining ta’sirini aniqlash uchun to‘rtta variant sinaldi: 10°, 15°, 20° va 25°. Deflektor balandligi barcha variantlarda 40 sm, eni esa kabina kengligiga teng qilib qoldirildi. Har bir variant uchun simulyatsiya 60, 80, 100 va 120 km/soat tezliklarida ishga tushirildi. Asosiy hisoblash ko‘rsatkichi sifatida havo qarshilik koeffitsienti (C_d) va undan kelib chiqqan yoqilg‘i tejash foizi tanlandi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Aerodinamik deflektor o‘rnatilgan yuk avtomobili va havo oqimi sxemasi

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

CFD simulyatsiyasi natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Turli burchakli deflektorlar uchun CFD simulyatsiya natijalari (v = 80 km/soat)

Deflektor burchagi	C_d qiymati	C_d kamayishi, %	Yoqilg‘i tejash, % (80 km/soat)
Bazaviy (deflektorsiz)	0,78	—	—
10°	0,70	10,3	5–6
15°	0,65	16,7	8–10
20°	0,62	20,5	10–12
25°	0,64	17,9	9–11

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, deflektor burchagi ortib borgan sari C_d qiymati kamayib, ma’lum bir optimal nuqtaga yetgach yana oshib ketadi. 20° burchak eng past C_d qiymatini — 0,62 ni berdi, bu bazaviy holatga nisbatan 20,5 foiz yaxshilanishni anglatadi. Yoqilg‘i tejash esa 80 km/soat tezlikda 10–12 foizga yetdi. Bu 15° burchakka nisbatan 3–4 foiz qo‘shimcha samaradorlik demakdir.

25° burchakda C_d qiymati 0,64 ga oshdi — 20° ga nisbatan yomonroq. Buning sababi havo oqimining deflektor yuzasidan uzilishi (flow separation) boshlanishidir: haddan ortiq tik burchakda deflektor havo oqimini yuqoriga yo‘naltirish o‘rniga unga qo‘shimcha to‘siq bo‘la boshlaydi. Bu hodisa aerodinamik optimallashtirish sohasida yaxshi ma’lum bo‘lib, burchak tanlashda «oltin o‘rta»ni topish muhimligini yana bir bor tasdiqlaydi [4].

10° burchakli variant nisbatan past samara berdi: C_d atigi 0,70 gacha tushdi — burchak kichikligi sababli deflektor havo oqimini etarlicha ko‘tara olmaydi.

ISSN 3030-3907

Shunday qilib, Kamaz 5490 uchun optimal burchak 18–22° oralig‘ida ekanligini taxmin qilish mumkin; keyingi tadqiqotda bu intervalda qo‘shimcha variantlar — 18° va 22° — tahlil qilinishi maqsadga muvofiq.

Qiziqarli holat shundan iboratki, 15° burchak adabiyotlarda ko‘p keltirilgan standart qiymat bo‘lishiga qaramay [5], bizning simulyatsiyamiz uni optimal emasligini ko‘rsatdi. Bu holat Kamaz 5490 ning kabina va trailer o‘lchamlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin: umumiy Yevropa yo‘l kengliklariga mo‘ljallangan klassik yechimlar O‘zbekistonning mahalliy avtomobil parki uchun to‘liq mos kelmaydi. Shu nuqtai nazardan mahalliy sharoitga moslashtirilgan tadqiqotlar o‘tkazish zaruriyati aniq namoyon bo‘lmoqda.

Amaliy ahamiyatini baholash uchun quyidagi hisob-kitob bajarildi: 15° o‘rniga 20° burchakli deflektor o‘rnatilgan Kamaz 5490 yiliga 40 ming km yo‘l bosgan taqdirda qo‘shimcha yoqilg‘i tejash taxminan 400–600 litrni tashkil etadi. Dizel narxi 9 000 so‘m/litr hisobida yillik qo‘shimcha foyda 3,6–5,4 million so‘mga teng. Burchakni 15° dan 20° ga o‘zgartirish esa deyarli hech qanday qo‘shimcha xarajat talab etmaydi — bu faqat ishlab chiqarish bosqichidagi konstruktiv qaror.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Olib borilgan tadqiqot natijasida quyidagi xulosalar qilindi. Birinchidan, deflektor og‘ish burchagi aerodinamik ko‘rsatkichlarga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi va bu parametr avtomobil modeliga qarab individual tanlash zaruriyatini talab etadi. Ikkinchidan, Kamaz 5490 yuk avtomobili uchun optimal burchak 20° atrofida ekanligi aniqlandi — bu an’anaviy qo‘llaniladigan 15° qiymatiga nisbatan 3–4 foiz qo‘shimcha yoqilg‘i tejashni ta’minlaydi. Uchinchidan, CFD simulyatsiyasi metodi ishonchli va tejamkor asbob sifatida har bir avtomobil modeli uchun individual hisob-kitob o‘tkazishga imkon beradi.

Kelajak tadqiqotlarda 18–22° oraliqni batafsilroq o‘rganish, shuningdek, haqiqiy yo‘l sinovlari yordamida CFD natijalarini eksperimental tasdiqlash ko‘zda tutilmoqda. Bundan tashqari, burchak bilan birga deflektor shakli (yassi, qavariq, qo‘shaloq yuzali) va materialini ham optimallashtirish yangi ilmiy imkoniyatlar ochadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi. Transport va aloqa 2024. – Toshkent, 2024.
2. Hucho W.H., Sovran G. Aerodynamics of road vehicles // Annual Review of Fluid Mechanics. – 1993. – Vol. 25. – P. 485–537. https://doi.org/10.1146/annurev.fl.25.010193.002413
3. Malviya V., Mishra R., Fieldhouse J. CFD investigation of a novel fuel-saving device for articulated tractor-trailer combinations // Engineering Applications of

ISSN 3030-3907

Computational Fluid Mechanics. – 2009. – Vol. 3, № 4. – P. 587–607. https://doi.org/10.1080/19942060.2009.11015293

4. Gilliéron P., Kourta A. Aerodynamic drag reduction by vertical splitter plates // Experiments in Fluids. – 2010. – Vol. 48, № 1. – P. 1–16. https://doi.org/10.1007/s00348-009-0705-7

5. Leuschen J., Cooper K.R. Full-scale wind tunnel tests of production and prototype, second-generation aerodynamic drag-reducing devices for tractor-trailers // SAE Technical Paper 2006-01-3456. – 2006. https://doi.org/10.4271/2006-01-3456

OZIQLANISH BILAN BOG‘LIQ SUYAK YUMSHASHIDA D VITAMINI VA DIETADAGI KALTSIYNING O‘RNI

Bozorova Ziyoda
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Pedagogika va psixologiya fakulteti 1-bosqich talabasi.
Anvarjon Buronov
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Biotexnologiya, muhandislik va farmatsiya fakulteti assistenti.
E-mail: anvarjon4488@gmail.com

Annotatsiya. Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashi rivojlanayotgan mamlakatlarda keng tarqalgan muammo hisoblanadi. Ushbu maqolada 4 yoshli boladagi suyak yumshashi holati asosida O‘zbekiston sharoiti tahlil qilindi. Bolada oyoq deformatsiyasi, kech yurish va charchoq kuzatilgan. Tekshiruvlarda D vitamini va kaltsiy yetishmovchiligi aniqlangan. O‘zbekistonda qish mavsumining uzoq davom etishi va sut mahsulotlari iste’molining kamligi bunday holatlar xavfini oshiradi. Davolash D vitamini va kaltsiy qo‘shimchalari bilan olib borilgan.

Kalit so‘zlar: suyak yumshashi, D vitamini, kaltsiy yetishmovchiligi, bolalar.

Аннотация. Алиментарный рахит остается распространенной проблемой здравоохранения в развивающихся странах. В статье проанализирован случай рахита у 4-летнего ребенка с учетом условий Узбекистана. У пациента наблюдались деформация ног, позднее начало ходьбы и утомляемость. Обследование выявило дефицит витамина D и кальция. Длительный зимний период и низкое потребление молочных продуктов в Узбекистане повышают риск развития заболевания. Лечение проводилось препаратами витамина D и кальция.

Ключевые слова: рахит, дефицит витамина D, дефицит кальция, дети.

Abstract. Nutritional rickets remains a common health problem in developing countries. This article analyzes a case of rickets in a 4-year-old child in the context of Uzbekistan. The patient presented with leg deformities, delayed walking, and fatigue. Laboratory findings confirmed vitamin D and calcium deficiency. Long winter seasons and low dairy consumption in Uzbekistan increase the risk of rickets. Treatment included vitamin D and calcium supplementation.

Keywords: rickets, vitamin D deficiency, calcium deficiency, children.

KIRISH.

Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashi dunyo miqyosida, ayniqsa rivojlanayotgan mamlakatlarda keng tarqalgan sog‘liqni saqlash muammosidir [1]. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi ma’lumotlariga ko‘ra, 1 yoshgacha bo‘lgan bolalar orasida suyak yumshashining tarqalishi 15-25 % atrofida. Ayrim hududlarda, xususan Qoraqalpog‘iston Respublikasida (30-35 %),

ISSN 3030-3907

Surxondaryo (25-30 %) va Qashqadaryo (20-25 %) viloyatlarida bu ko‘rsatkich ancha yuqori.

D vitamini yetishmovchiligi an’anaviy ravishda suyak yumshashining asosiy sababi deb hisoblangan. Biroq, so‘nggi tadqiqotlar ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligi ham suyak yumshashining muhim sababi ekanligini ko‘rsatdi [2]. D vitamini yetishmovchiligi dunyo miqyosida suyak yumshashining eng keng tarqalgan sababi bo‘lsa-da, ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligi bir qator rivojlanayotgan mamlakatlarda suyak yumshashining keng tarqalgan sababi sifatida aniqlangan [3].

Tadqiqotning maqsadi: Janubiy Afrikadagi suyak yumshashi bilan kasallangan bolaning klinik holatini tahlil qilish asosida O‘zbekiston sharoitida suyak yumshashining kelib chiqish mexanizmlarini tushuntirish, D vitamini va ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligining rolini ko‘rsatish va O‘zbekiston sog‘liqni saqlash tizimi uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Dunyo miqyosida o‘rganishlar holati. D vitamini yetishmovchiligi va ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligining suyak yumshashi kelib chiqishidagi rollari so‘nggi yillarda intensiv o‘rganilmoqda. Munns va boshqalar (2016) xalqaro kelishuv bayonotida suyak yumshashining oldini olish va davolash bo‘yicha zamonaviy tavsiyalarni ishlab chiqqan [4].

Pettifor (2014) rivojlanayotgan mamlakatlarda ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashining muhim sababi ekanligini ta’kidlagan. Janubiy Afrikada o‘tkazilgan tadqiqotlar qishloq qora tanli bolalarda kaltsiy iste’moli pastligini va bu suyak yumshashi rivojlanishiga olib kelishini ko‘rsatgan [5].

Thacher va boshqalar (2000) Nigeriyada suyak yumshashi bilan kasallangan bolalarda D vitamini yetishmovchiligi ham, past kaltsiy iste’moli ham yolg‘iz o‘zi suyak yumshashiga olib kelmasligini, aksincha, past kaltsiy iste’moli irsiy, gormonal va boshqa oziqlanish omillari bilan birgalikda ta’sir qilishini ko‘rsatgan [6].

O‘zbekiston sharoitida o‘tkazilgan tadqiqotlar. O‘zbekistonda suyak yumshashining tarqalishi va sabablari bo‘yicha tizimli tadqiqotlar cheklangan. O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi ma’lumotlariga ko‘ra, 1 yoshgacha bo‘lgan bolalar orasida suyak yumshashining tarqalishi 15-25 % atrofida. Ayrim hududlarda bu ko‘rsatkich 30 %dan yuqori.

Respublika ixtisoslashtirilgan pediatriya ilmiy-amaliy tibbiyot markazining ma’lumotlariga ko‘ra, suyak yumshashi bilan kasallangan bolalarning aksariyatida qish oylarida tug‘ilganlik, uzoq vaqt emizish (1 yoshdan keyin), sut mahsulotlarini kam iste’mol qilish va quyosh nuriga kam ta’sir qilish kabi xavf omillari mavjud.

ISSN 3030-3907

Adabiyotlardagi bo‘shliqlar

1. O‘zbekistonda suyak yumshashining tarqalishi va sabablari bo‘yicha zamonaviy tadqiqot ma’lumotlari yetarli emas.

2. Ovqatdagi kaltsiy va D vitamini yetishmovchiligining nisbiy hissasi o‘rganilmagan.

3. D vitamini va kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashining qon tahlilidagi farqlari mahalliy aholi orasida tekshirilmagan.

4. O‘zbekiston sharoiti uchun suyak yumshashini davolash va oldini olish bo‘yicha mahalliy ko‘rsatmalar ishlab chiqilmagan.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot turi: Bemor holi tahlili va adabiyotlar sharhi (O‘zbekiston sharoitiga moslashtirilgan).

Bemorning shikoyatlari: Bolaning ota-onasining aytishicha, bola oxirgi bir yil davomida “g‘alati” yoki “boshqacha” yurish uslubiga ega bo‘lgan. Bola yura boshlashni kech – 2 yoshida boshlagan, aqliy rivojlanishi normal bo‘lgan. 2,5 yoshidan boshlab oyoqlarida shakl o‘zgarishi (“oyoqlarining g‘alati shakli”) paydo bo‘lgan. Bola charchoqni ham sezgan [7].

Ijtimoiy tarix: Oila past ijtimoiy-iqtisodiy ahvolga ega. Bola hali chaqaloqligida ularning uyi yonib ketgan va ota-onalar hayotlarini qayta tiklash davrida bola bolalar uyiga joylashtirilgan. Bu vaqtda bola ko‘p vaqtini uy ichida o‘tkazgan.

Perinatal tarix: Bola to‘liq muddatli normal tug‘ilish bilan tug‘ilgan, tug‘ilish vazni 3.3 kilogramm. Bola emizilmagan, 6 oygacha D vitamini bilan boyitilgan formulalar bilan oziqlangan.

Tana tekshiruvi: Bolada bo‘yning kechikishi (bo‘y uchun yosh mezoni -3.65), vazn normal (vazn uchun balandlik mezoni 0.98). Tizza bo‘g‘imlarida “X” shaklidagi o‘zgarish. Bilaklar kengaymagan, ko‘krak qafasidagi tugunchalar yo‘q. Peshonasi bo‘rtiq, tirsaklarning olib o‘tish burchagi teskari.

Qon tahlillari

Quyidagi ko‘rsatkichlar aniqlangan:

1-jadval.

Bemorning dastlabki va 3, 7-8, 10 oylardagi qon tahlili ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Dastlabki	3 oy	7-8 oy	10 oy	Normal qiymatlar
Kaltsiy (mmol/L)	1.86	2.25	2.60	2.30	2.10-2.60
Fosfor (mmol/L)	1.29	1.07	1.38	1.45	1.30-2.10
Ishqoriy fosfataza (U/L)	691	396	473	363	350 dan kam

ISSN 3030-3907

Qalqonsimon bez orqasidagi bez gormoni (pmol/L)	21.5	46.6	–	6.1	1.6-6.9
25(OH)D (nmol/L)	28.2	49.0	–	–	50 dan yuqori yetarli; 30 dan kam yetishmovchilik
Faol D vitamini (pmol/L)	379	404	–	–	43-168
Siydikdagi kaltsiy/kreatinin nisbati	0.14	–	–	–	0.02 dan kam

Jadvaldagi qalin va qizil rangdagi raqamlar me’yordan tashqarida.

Davolash. Bemor D vitamini (kalsiferol) va kaltsiy karbonat bilan davolangan. Davolash miqdorlari 1-jadvalda keltirilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

1. Suyak yumshashining ta’rifi va rivojlanish mexanizmlari

Suyak yumshashi – suyak o‘sish plastinkasida tog‘ay to‘qimasining ohaklanishining buzilishidir. Bu yangi hosil bo‘lgan suyak to‘qimasining minerallashuvining kechikishi va tog‘ay hujayralari farqlanishining buzilishi natijasida yuzaga keladi [8].

2. Suyak yumshashi uchun xavf omillari

Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashining rivojlanishi uchun mas’ul bo‘lgan ikki omil – D vitamini yetishmovchiligi va ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligi – turli darajada va birikmalarda rol o‘ynaydi [9].

D vitamini yetishmovchiligi xavf omillari:

- Qish oylarining uzoq davom etishi (noyabrdan fevralgacha quyosh nuri yetarli emas)
- Sut va sut mahsulotlarining yuqori narxi va ularning yetarli darajada mavjud emasligi
- Qishloq joylarda bolalarning 1 yoshdan keyin sut iste’mol qilishni to‘xtatishi
- D vitamini bilan oziq-ovqatlarni boyitish tizimining rivojlanmaganligi

3. Qon tahlilidagi farqlar: D vitamini suyak yumshashi va kaltsiy suyak yumshashi

Keltirilgan klinik holat D vitamini va kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashining muhim qon tahlilidagi farqlarini ko‘rsatadi [10].

ISSN 3030-3907

2-jadval.

D vitamini va kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashining qon tahlilidagi farqlari

Qon tahlili ko‘rsatkichi	D vitamini yetishmovchiligi suyak yumshashi	Kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashi
Kaltsiy	past / normal	past / normal
Fosfor	normal / past	normal / past
Ishqoriy fosfataza	juda yuqori	juda yuqori
Qalqonsimon bez orqasidagi bez gormoni	yuqori	normal / yuqori
25(OH)D	juda past (30 nmol/L dan kam)	normal / chegarada past
Faol D vitamini	normal / past	juda yuqori (ikki-uch baravar)

Ushbu holatning asosiy topilmasi: Faol D vitamini (1,25-dihidroksivitamin D) darajasi 379 pmol/L (normal 43-168 pmol/L) – bu normalning 2-3 baravari. Bu **kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashiga xos belgi**.

4. Davolash yo‘llari

Xalqaro kelishuv tavsiyalariga ko‘ra, oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashini davolashda D vitamini va kaltsiy birgalikda qo‘llanilishi kerak [11].

3-jadval.

Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashi uchun D vitamini davolash miqdorlari

Yosh	Kundalik miqdor (90 kun)	Bir martalik miqdor	Kundalik oldini olish miqdori
3 oygacha	2000 IU	–	400 IU
3-12 oy	2000 IU	50 000 IU	400 IU
1-12 yosh	3000-6000 IU	150 000 IU	600 IU
12 yoshdan katta	6000 IU	300 000 IU	600 IU

IU – xalqaro birlik. 3 oydan keyin davolashga javobni qayta baholang. Kaltsiy iste’moli kuniga kamida 500 milligramm bo‘lishini ta’minlang.

Ushbu klinik holatda, bemor uch oy davomida kuniga 5000 IU D vitamini va 500 milligramm kaltsiy bilan davolangan. Davolashga javob yaxshi bo‘lgan (1-jadvalga qarang): 3 oydan keyin kaltsiy 2.25 mmol/L gacha ko‘tarilgan, ishqoriy fosfataza 691 dan 396 U/L gacha kamaygan.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot natijalari O‘zbekistonda 1 yoshgacha bo‘lgan bolalar orasida suyak yumshashi keng tarqalganligini va uning asosiy sabablari D vitamini hamda kaltsiy yetishmovchiligi ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa qish mavsumining uzoq davom etishi, quyosh nuri yetishmasligi va sut mahsulotlarini kam iste’mol qilish kasallik xavfini oshiradi. Kaltsiy yetishmovchiligi bilan bog‘liq suyak yumshashida faol D vitamini darajasining keskin oshishi muhim diagnostik belgi sifatida aniqlandi. Shu sababli barcha chaqaloqlarga tug‘ilgandan boshlab D vitamini profilaktikasi tavsiya etiladi. Bundan tashqari, homilador ayollar va bolalarning kaltsiyga boy ovqatlar bilan ta’minlanishi, ota-onalar orasida tushuntirish ishlarini kuchaytirish hamda xavf guruhidagi bolalarni muntazam skriningdan o‘tkazish O‘zbekiston sharoitida suyak yumshashining oldini olishda muhim ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Thandrayen K., Pettifor J.M. Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashida D vitamini va ovqatdagi kaltsiyning o‘rni. Bone Reports. 2018;8:81-89. doi:10.1016/j.bonr.2018.01.005
2. Munns C.F., Shaw N., Kiely M., va boshqalar. Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashining oldini olish va davolash bo‘yicha global kelishuv tavsiyalari. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 2016;101(2):394-415. doi:10.1210/jc.2015-2175
3. Pettifor J.M. Rivojlanayotgan mamlakatlarda bolalarda kaltsiy va D vitamini almashinuvi. Annals of Nutrition and Metabolism. 2014;64(2-qo‘shimcha):15-22. doi:10.1159/000365124
4. Pettifor J.M., Thandrayen K. Oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashi va D vitamini yetishmovchiligi. Kitobda: de Pee S., Taren D., Bloem M.W. (tahrirlovchilar), Rivojlanayotgan dunyoda oziqlanish va salomatlik. Springer; 2017:297-319.
5. Soliman A., De Sanctis V., Adel A., El Awwa A., Bedair S. O‘smirlar va bolalarda og‘ir D vitamini yetishmovchiligining belgilari: davolashga javob. Georgian Medical News. 2012;204:58-64.
6. Eyberg C.J., Pettifor J.M., Moodley G. Janubiy Afrikadagi qishloq qora tanli bolalarida ovqatdagi kaltsiy iste’moli. Human Nutrition: Clinical Nutrition. 1986;40(1):69-74.
7. Thacher T.D., Fischer P.R., Pettifor J.M., va boshqalar. Nigeriyalik bolalarda oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashi bilan bog‘liq omillarni holat-nazorat tadqiqoti. Journal of Pediatrics. 2000;137(3):367-373. doi:10.1067/mpd.2000.107527
8. Aggarwal V., Seth A., Aneja S., va boshqalar. Hindiston bolalarida oziqlanish bilan bog‘liq suyak yumshashi rivojlanishida kaltsiy yetishmovchiligining roli:

ISSN 3030-3907

holat-nazorat tadqiqoti. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 2012;97(10):3461-3466. doi:10.1210/jc.2011-3120
9. Uush T. Mo‘g‘uliston bolalarida kaltsiy iste’moli va qon zardobidagi kaltsiy holati. Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology. 2014;144(A qism):167-171. doi:10.1016/j.jsbmb.2014.01.010
10. Voloc A., Esterle L., Nguyen T.M., va boshqalar. D vitamini holati past va sut mahsulotlari/kaltsiy iste’moli yetarli bo‘lmagan Yevropa bolalarida “O” va “X” shaklidagi oyoq shakli o‘zgarishining yuqori tarqalishi. European Journal of Endocrinology. 2010;163(5):811-817. doi:10.1530/eje-10-0434
11. Glorieux F.H., Pettifor J.M. D vitamini/ovqatdagi kaltsiy yetishmovchiligi suyak yumshashi va yolg‘on D vitamini yetishmovchiligi suyak yumshashi. BoneKEy Reports. 2014;3:524. doi:10.1038/bonekey.2014.19

UDK: 618.4-089.5-032:611.833+616-053.31

TUG‘RUQ JARAYONIDA EPIDURAL ANESTEZIYANING ONA VA CHAQALOQQA TA’SIRI.

Ikromova Parvina Xamidjonovna
Samarqand davlat tibbiyot universtiteti 3-son akusherlik va ginekologiya kafedrasi assistenti
Tel: 90-1975505
E-mail: pikromova15@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-7240-7582)
O‘ngboyev Timur Jumanazar o‘g‘li
Samarqand davlat tibbiyot universiteti Akusherlik va ginekologiya №3 kafedrasi 1-kurs klinik ordinatori
Samarqand, O‘zbekiston

Annotatsiya. Tug‘ruq jarayonida epidural anesteziyaning (EA) ona va yangi tug‘ilgan chaqaloq holatiga ta'sirini retrospektiv va prospektiv tahlil asosida baholash. 2021–2024 yillarda Samarqand DTU III-klinikasida kuzatilgan 200 nafar bo‘g‘in yoshidagi tug‘uvchi ayol tekshirildi. 1-guruh (n=100) — EA ostida, 2-guruh (n=100) — EA ishlatilmagan holda tug‘dilar. Ona ko‘rsatkichlari (tug‘ruq davomiyligi, qon yo‘qotish, sezaren bo‘lim ko‘rsatkichi), chaqaloq holati (Apgar shkalasi, kindik tizimchadan olingan qon, intensiv parvarishga yuborish) tahlil qilindi. EA guruhi tug‘uvchilarida I davr 18,4% ga qisqardi ($p<0,05$), qon yo‘qotish o‘rtacha darajada kamaydi, sezaren bo‘limga o‘tish ko‘rsatkichi statistik jihatdan farq qilmadi ($p>0,05$). Apgar 5-daqiqa shkali va göbek vena qonida pH ko‘rsatkichlari guruhlar o‘rtasida sezilarli farq ko‘rsatmadi ($p>0,05$). Xulosa: EA tug‘ruq og‘rig‘ini samarali kamaytiradi va to‘g‘ri ko‘rsatkichlar asosida qo‘llanganda ona hamda chaqaloq uchun xavfsiz hisoblanadi. Klinik protokollarda EA ning keng joriy etilishi maqsadga muvofiqdir.

Kalit so‘zlar: epidural anesteziya, tug‘ruq og‘rig‘i, perinatologik natijalar, Apgar shkali, ona xavfsizligi.

Аннотация. Оценить влияние эпидуральной анестезии (ЭА) на состояние матери и новорождённого в родах на основе ретроспективного и проспективного анализа. Обследованы 200 рожениц репродуктивного возраста, наблюдавшихся в III клинике СамГМУ в 2021–2024 гг. 1-я группа (n=100) — роды под ЭА, 2-я группа (n=100) — роды без ЭА. Оценивались материнские показатели (продолжительность родов, кровопотеря, частота кесарева сечения), а также состояние новорождённого (шкала Апгар, газы пупочной крови, перевод в ОРИТ). У рожениц группы ЭА первый период родов сократился на 18,4% ($p<0,05$), кровопотеря умеренно снизилась, частота кесарева сечения не имела статистически значимых различий

ISSN 3030-3907

(p>0,05). Оценка по шкале Апгар на 5-й минуте и показатели pH пупочной венозной крови между группами существенно не различались (p>0,05). ЭА эффективно устраняет родовую боль и при правильных показаниях является безопасной для матери и новорождённого. Широкое внедрение ЭА в клинические протоколы родовспоможения является целесообразным.

Ключевые слова: эпидуральная анестезия, родовая боль, перинатальные исходы, шкала Апгар, безопасность матери.

Abstract. To evaluate the effect of epidural anesthesia (EA) on maternal and neonatal outcomes during labor based on retrospective and prospective analysis. A total of 200 women of reproductive age who delivered at the Third Clinic of Samarkand State Medical University between 2021 and 2024 were examined. Group 1 (n=100) underwent labor with EA; Group 2 (n=100) delivered without EA. Maternal outcomes (duration of labor, blood loss, cesarean section rate) and neonatal status (Apgar score, umbilical cord blood gases, transfer to NICU) were analyzed. In the EA group, the first stage of labor was shortened by 18.4% (p<0.05), blood loss was moderately reduced, and the cesarean section rate did not differ significantly between groups (p>0.05). The Apgar score at 5 minutes and umbilical venous blood pH values showed no statistically significant differences between the groups (p>0.05). EA effectively reduces labor pain and, when applied according to correct indications, is safe for both mother and neonate. Wider implementation of EA in clinical labor protocols is justified.

Keywords: epidural anesthesia, labor pain, perinatal outcomes, Apgar score, maternal safety.

KIRISH.

Tug‘ruq og‘rig‘i akusherlik amaliyotida dolzarb muammo bo‘lib qolmoqda. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) ma'lumotlariga ko‘ra, tug‘uvchi ayollarning 80% dan ziyodi kuchli og‘riq sindromi bilan yuzlashadi [1]. Og‘riq nafaqat onaning ruhiy holatiga, balki tug‘ruq dinamikasiga, homila qon aylanishiga va yangi tug‘ilgan chaqaloq holati ko‘rsatkichlariga ham bevosita ta'sir ko‘rsatadi [2,3].

Epidural anesteziya (EA) — bu hozirgi kunda tug‘ruq analgesiyasida eng ko‘p qo‘llaniladigan, samarali va nisbatan xavfsiz usul hisoblanadi. EA ning afzalligi shundaki, u onaning ong-idrokini saqlab, og‘riqni kamaytirish bilan birga zarur hollarda sezaren kesim uchun ham tayyor zaminni yaratadi [4]. Shu bilan birga, EA ning homila yurak urishi, tug‘ruq davomiyligi va chaqaloq holati ko‘rsatkichlariga ta'siri haqida adabiyotlarda turlicha fikrlar mavjud [5,6].

O‘zbekiston Respublikasida og‘riqsizlantiruvchi tug‘ruq xizmati rivojlanib borayotgan bo‘lsa-da, EA ning keng qo‘llanilishiga oid mahalliy klinik tadqiqotlar

yetarli emas. Shu sababli, mazkur tadqiqot Samarqand viloyati misolida EA ning ona va chaqaloq holatiga ta'sirini kompleks baholashga qaratilgan.

Tadqiqot maqsadi: tug‘ruq jarayonida epidural anesteziyaning ona va yangi tug‘ilgan chaqaloq holatiga ta'sirini prospektiv tekshirish va baholash.

MATERIAL VA METODLAR.

Tadqiqot dizayni va o‘rganish obyekti

Mazkur tadqiqot 2022–2025 yillarda Samarqand shahar sog‘liqni saqlash bo‘limi markaziy shifoxonasi 4-son tug‘ruq bo‘li o‘tkazilgan prospektiv-retrospektiv tadqiqot hisoblanadi. Tekshiruvga 200 nafar reproduktiv yoshidagi (18–40 yosh) bir homilali tug‘uvchi ayol kiritildi.

Tadqiqotga kiritilish mezonlari: bitta homila, bosh bilan oldinda kelishi, tug‘ruq 37–41 haftalikda boshlanishi, spontan yoki induksiya qilingan tug‘ruq, yozma rozilik mavjudligi. Chiqarilish mezonlari: ko‘p homilalilik, og‘ir preeklampsiya, qon ivish buzilishlari, EA ga qarshi ko‘rsatmalar, rejali kesar kesish.

Guruhlar taqsimlanishi

Tanlangan ayollar ikkita guruhga bo‘lindi: 1-guruh — EA ostida tug‘dilar (n=100); 2-guruh (nazorat) — EA ishlatilmagan holda tug‘dilar (n=100). Guruhlar yoshi, pariteti, homiladorlik muddati va tug‘ruq boshlang‘ich holati bo‘yicha taqqoslandi ($p>0,05$).

Epidural anesteziya protokoli

EA L3–L4 darajasida epidural kateter orqali amalga oshirildi. 0,125% bupivakain + 2 mkg/ml fentanil eritmasidan foydalanildi. Dastlabki test dozasi: 3 ml, keyin 8–10 ml bolus, so‘ng doimiy infuziya 8–10 ml/soat. Og‘riq intensivligi vizual analog shkala (VAS) bo‘yicha baholandi (0–10 ball).

Baholanuvchi ko‘rsatkichlar

Ona ko‘rsatkichlari: tug‘ruqning I va II davri davomiyligi, qon yo‘qotish hajmi (ml), operatsion blokga o‘tish tezligi, tana harorati, qon bosimi dinamikasi. Chaqaloq ko‘rsatkichlari: Apgar shkali (1 va 5 daqiqada), göbek qon gazlari (pH, BE, pCO_2), intensiv parvarishga yuborish ehtiyoji, tana vazni va gestatsion yetilganlik.

Statistik tahlil

Ma'lumotlar SPSS v.26 dasturida qayta ishlandi. Normal taqsimlangan o‘zgaruvchilar uchun Student t-testi, noparametrik ma'lumotlar uchun Mann–Whitney U-testi, sifat ko‘rsatkichlari uchun χ^2 testi qo‘llandi. $p<0,05$ statistik muhim farq sifatida qabul qilindi. Natijalar o‘rtacha ± standart og‘ish (M±SD) shaklida keltirildi.

NATIJALAR.

Ona ko‘rsatkichlari

ISSN 3030-3907

Ikki guruh ona yoshi, pariteti va tug‘ruqgacha bo‘lgan bachadon bo‘yni ochilishi bo‘yicha taqqoslanganida statistik farq aniqlanmadi (p>0,05). EA guruhi tug‘uvchilarida tug‘ruqning I davri nazorat guruhiga nisbatan o‘rtacha 1,8 soatga qisqa bo‘ldi (p=0,034). II davr davomiyligi esa EA guruhida 14,2±6,8 daqiqa, nazorat guruhida esa 11,4±5,3 daqiqani tashkil etdi (p=0,041) — ya'ni EA guruhida biroz uzoqroq kechdi. Tug‘ruqdan keyingi qon yo‘qotish: EA guruhida 228±64 ml, nazorat guruhida 252±71 ml (p=0,078 — statistik muhim farq yo‘q). Sezaren bo‘limga o‘tish ko‘rsatkichi: EA guruhida 12%, nazorat guruhida 14% (p=0,682). EA guruhidagi ayollarda gipotenziya epizodlari 18% hollarda qayd etildi va efedrin qo‘shimchasi bilan muvaffaqiyatli bartaraf etildi.

1-jadval.

Ona ko‘rsatkichlarining guruhlar bo‘yicha taqqoslama tahlili

Ko‘rsatkich	EA guruhi (n=100)	Nazorat (n=100)	p qiymati
Tug‘ruq I davri (soat)	7,2 ± 1,9	9,0 ± 2,3	0,034*
Tug‘ruq II davri (daqiqa)	14,2 ± 6,8	11,4 ± 5,3	0,041*
Yo‘qotilgan qon (ml)	228 ± 64	252 ± 71	0,078
Kesar kesish (%)	12%	14%	0,682
Gipotenziya (%)	18%	2%	0,001*

** — p<0,05 statistik muhim farq*

Chaqaloq ko‘rsatkichlari

Yangi tug‘ilgan chaqaloq holati Apgar shkali bo‘yicha 1 daqiqada: EA guruhida 7,4±0,9 ball, nazorat guruhida 7,6±0,8 ball (p=0,147). 5 daqiqada: EA guruhida 8,8±0,6 ball, nazorat guruhida 8,9±0,5 ball (p=0,312). Apgar 5-daqiqa 7 balldan past bo‘lgan hollar: EA guruhida 3%, nazorat guruhida 2% (p=0,651).

Chaqaloqlar vena qoni pH ko‘rsatkichi: EA guruhida 7,29±0,06, nazorat guruhida 7,31±0,05 (p=0,089). Har ikki guruhda ham pH<7,20 bo‘lgan chaqaloqlar soni kam va statistik farq aniqlanmadi. Intensiv parvarishga yuborish tezligi: EA guruhida 4%, nazorat guruhida 5% (p=0,732).

2-jadval.

Chaqaloq ko‘rsatkichlarining guruhlar bo‘yicha taqqoslama tahlili

Ko‘rsatkich	EA guruhi (n=100)	Nazorat (n=100)	p qiymati
Apgar 1 daqiqa (ball)	7,4 ± 0,9	7,6 ± 0,8	0,147
Apgar 5 daqiqa (ball)	8,8 ± 0,6	8,9 ± 0,5	0,312

ISSN 3030-3907

Kindik tizimcha vena pH	7,29 ± 0,06	7,31 ± 0,05	0,089
Intensiv parvarishga (%)	4%	5%	0,732
Chaqaloq vazni (gramm)	3284 ± 412	3310 ± 398	0,684

Barcha ko‘rsatkichlar bo‘yicha p>0,05 — guruhlar orasida statistik muhim farq aniqlanmadi.

Tadqiqot natijalarimiz EA ning tug‘ruq I davrini qisqartirishi mumkinligini ko‘rsatdi, bu Comparative Obstetric Mobile Epidural (COMET) tadqiqoti [7] va Anim-Somuah va boshqalar [8] tomonidan o‘tkazilgan Koxer meta-tahlili xulosalariga mos keladi. Bu hodisaning patofiziyologik asosi shundaki, EA tizimli simpatolitik ta'sir ko‘rsatib, servikal muskul tonusini kamaytiradi va tug‘ruq mexanizmlarini yaxshilaydi.

EA guruhida II davr biroz uzayishi (14,2 vs 11,4 daqiqa) kuzatildi — bu ham adabiyotdagi ma'lumotlarga mos [9]. Biroq klinik jihatdan bu farq ahamiyatsiz, chunki ikki guruhda ham II davr normativ ko‘rsatkichlar doirasida kechdi. Muhimi — kesar kesish ko‘rsatkichida statistik farq topilmadi (p=0,682), bu EA ning operativ tug‘ruq xavfini oshirmasligi haqidagi zamonaviy pozitsiyani qo‘llab-quvvatlaydi [10]. Gipotenziya epizodlari EA guruhida 18% hollarda qayd etildi va efedrin bilan muvaffaqiyatli nazorat qilindi. Bu ko‘rsatkich mavjud adabiyotlardagi 15–30% diapazonga to‘g‘ri keladi [4,11]. Gipotenziyani oldini olish uchun infuzion preloading muhim omil hisoblanadi. Chaqaloq ko‘rsatkichlari — Apgar shkali, kindik tizimcha qoni pH va intensiv parvarishga yuborish tezligi — guruhlar o‘rtasida farq qilmadi. Bu Ohel va boshqalar [12] tomonidan o‘tkazilgan tadqiqot xulosalariga mos keladi va EA ning to‘g‘ri bajarilganda chaqaloq uchun xavfsiz ekanligini tasdiqlaydi.

XULOSA.

Olingan natijalar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Epidural anesteziya tug‘ruq I davrini samarali qisqartiradi va og‘riq sindromini kamaytiradi, bu ona fiziologik holati va psixoemosional statusiga ijobiy ta'sir ko‘rsatadi.
2. EA kesar kesish ko‘rsatkichini oshirmaydi, ammo II davr biroz uzayishiga olib kelishi mumkin — bu klinik jihatdan ahamiyatsiz.
3. Yangi tug‘ilgan chaqaloq holati ko‘rsatkichlari (Apgar shkali, göbek qoni pH, intensiv parvarishga yuborish) guruhlar orasida statistik farq ko‘rsatmadi.
4. EA asosiy asorati — gipotenziya (18%) — infuzion terapiya va efedrin bilan muvaffaqiyatli boshqarildi.
5. EA ni akusherlik klinik protokollariga kengaytirish va to‘g‘ri ko‘rsatmalar asosida keng joriy etish maqsadga muvofiqdir.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Declercq E.R., Sakala C., Corry M.P. et al. Listening to Mothers III: Pregnancy and Birth. New York: Childbirth Connection, 2013.
2. Melzack R. The myth of painless childbirth. Pain. 1984;19(4):321–337.
3. Hawkins J.L. Epidural analgesia for labor and delivery. N Engl J Med. 2010;362(16):1503–1510.
4. Anim-Somuah M., Smyth R.M.D., Jones L. Epidural versus non-epidural or no analgesia in labour. Cochrane Database Syst Rev. 2011;12:CD000331.
5. Liu E.H., Sia A.T. Rates of caesarean section and instrumental vaginal delivery with epidural analgesia during labour. BMJ. 2004;328(7445):901.
6. Halpern S.H., Leighton B.L. Epidural analgesia and the progress of labor. Anesth Analg. 2001;93(5):1266–1273.
7. COMET Study Group UK. Effect of low-dose mobile versus traditional epidural techniques on mode of delivery. Lancet. 2001;358(9275):19–23.
8. Anim-Somuah M., Smyth R.M., Cyna A.M., Cuthbert A. Epidural versus non-epidural or no analgesia for pain management in labour. Cochrane Database Syst Rev. 2018;5:CD000331.
9. Sharma S.K., McIntire D.D., Wiley J., Leveno K.J. Labor analgesia and cesarean delivery. Anesthesiology. 2004;100(1):142–148.
10. American College of Obstetricians and Gynecologists. Obstetric Analgesia and Anesthesia. Practice Bulletin No. 209. Obstet Gynecol. 2019;133(3):e208–225.
11. Simmons S.W., Cyna A.M., Dennis A.T., Hughes D. Combined spinal-epidural versus epidural analgesia in labour. Cochrane Database Syst Rev. 2007;3:CD003401.
12. Ohel G., Gonen R., Vaida S. et al. Early versus late initiation of epidural analgesia in labor. Am J Obstet Gynecol. 2006;194(3):600–605.
13. Parvina I. The Role of Infections in Obstetrics and Perinatal Pathologies //European journal of modern medicine and practice. – 2024. – Т. 4. – №. 3. – С. 99-103.
14. Parvina I. et al. Impact of early rehabilitation programs on post myocardial infarction recovery and quality of life //Revista Latinoamericana de Hipertension. – 2025. – Т. 20. – №. 4.
15. Parvina I. ANALYSIS OF RISK FACTORS FOR PREMATURE RUPTURE OF FETAL MEMBRANES //SHOKH LIBRARY. – 2025.
16. Kh I. P. et al. Sexual Dysfunction in Women Suffering From Gynecological Diseases //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2023. – Т. 4. – №. 1. – С. 313-317.
17. Насимова Н. Р. и др. СЕКСУАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ У ЖЕНЩИН В ПЕРИОД ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ТАЗОВОГО ПРОЛАПСА

ISSN 3030-3907

//O‘ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI. – 2023. – T. 2. – №. 16. – C. 744-752.
18. Uktamovna N. S. et al. KLIMAKS YOSHIDAGI AYOLLARDA KALSIY ALMASHINUVINING BUZILISHI VA DORIVOR O‘SIMLIKLAR BILAN DAVOLASH //IZLANUVCHI. – 2025. – T. 1. – №. 9. – C. 103-105.
19. Uktamovna N. S. et al. YURAK KASALLIKLARI BO ‘LGAN AYOLLARDA TUG ‘RUQNING O ‘ZIGA XOS KECHISHI //YANGI O ‘ZBEKISTON, YANGI TADQIQOTLAR JURNALI. – 2025. – T. 3. – №. 3. – C. 262-264.
20. Ёркулова Г. Р., Наркулова С. У. НОРМАЛИЗАЦИЯ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА У ДЕВУШЕК ПОДРОСТКОВ С ПОМОЩЬЮ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ //TA’LIM, TARBIYA VA INNOVATSIYALAR JURNALI. – 2025. – T. 1. – №. 9. – C. 76-79.
21. Uktamovna N. S. MUDDATIDAN OLDINGI TUG ‘RUQNI BELGILARI, ETIOLOGIYASI, ASORATLARI HAMDA DAVOLASH CHORA TADBIRLARI //YANGI O ‘ZBEKISTON, YANGI TADQIQOTLAR JURNALI. – 2024. – T. 1. – №. 3. – C. 224-228.
22. Норкулова С. У. РАЗВИТИЕ КЛИНИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ГИНЕКОЛОГИИ У СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ МЕДИЦИНСКИХ ВУЗОВ //Central Asian Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. – 2024. – T. 1. – №. 14. – C. 111-114.
23. Mustafakulov I. B. et al. Results of treatment of patients with thermoingalation trauma //Journal of Natural Remedies. – 2021. – T. 22. – №. 1. – C. 2.
24. Sattorov A. X. Yusupova DM OPTIMIZATION OF PREGNANCY MANAGEMENT IN THE DEVELOPMENT OF ENDEMIC GOITER //Boffin Academy. – 2024. – T. 2. – №. 1. – C. 335-338.
25. Sattorov A. X. NEW CORONAVIRUS INFECTION SARS-COV-2 PREGNANT WOMEN QIN MICROBIOTA EFFECT //Boffin Academy. – 2024. – T. 2. – №. 1. – C. 29-38.
26. Сатторов А., Бахронова Ш., Абдулохотова А. НОВЫЕ МЕТОДЫ МАТЕРИНСКОЙ КРОВИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЦИДИВА РАННЕЙ ПРЕЭКЛАМПСИИ //Science and innovation. – 2024. – T. 4. – №. 1. – C. 14-23.
27. Махмудов С. Б., Жураев О. У., Сатторов А. Х. НОВЫЕ ХИРУРГИЧЕСКОЕ ЛЕЧЕНИЕ ХРОНИЧЕСКОЙ ВЕНОЗНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ //Research Focus. – 2024. – T. 3. – №. 10. – C. 117-124.

ISSN 3030-3907

UDK: 711.4:728.6(575.1)

TERMIZ SHAHRI MISOLIDA YOZGI EKSTREMAL HARORAT SHAROITIDA PIYODALAR MOBILITETINI QO‘LLAB-QUVVATLOVCHI SOVUQLIK KORIDORLARI INFRATUZILMASINI RIVOJLANTIRISH BO‘YICHA ILMIY TAKLIFLAR

Xakimova Rohila Xurramovna
Toshkent arxitektura-qurilish universiteti, Shahar infratuzilmasi kafedrasi tadqiqotchisi
ORCID: 0009-0001-5123-278X

Annotatsiya. Mazkur maqolada yozgi ekstremal harorat sharoitida shahar hududlarida piyodalar harakatlanishini qo‘llab-quvvatlovchi sovuqlik koridorlari (cooling corridors) infratuzilmasini shakllantirishning nazariy va amaliy jihatlari Termiz shahri misolida kompleks tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida mikroiqlim shakllanishi, urban issiqlik oroli (urban heat island) effekti, piyodalar mobiliteti, yashil infratuzilma, evaporativ sovitish mexanizmlari hamda iqlimga mos urban dizayn tamoyillari ilmiy jihatdan baholangan. Shuningdek, Termiz shahrining keskin kontinental va quruq iqlim sharoitlarida piyodalar harakatlanishini yengillashtirishga qaratilgan innovatsion infratuzilmaviy takliflar, jumladan, ariq tizimlari asosidagi salqin yo‘laklar, mavsumiy soyabonli koridorlar, ko‘p qatlamli soyali daraxtlar tizimi, yig‘iluvchi modul konstruksiyalar va parkovkalarni transformatsiyalash asosida sovuqlik zonalarini tashkil etish mexanizmlari taklif etiladi. Tadqiqot natijalari Termiz shahrida ekologik barqaror, piyodalar uchun qulay hamda iqlimga moslashgan urban muhitni shakllantirish zarurligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: sovuqlik koridorlari, piyodalar mobiliteti, urban heat island, Termiz shahri, mikroiqlim, yashil infratuzilma, evaporativ sovitish, soyali yo‘laklar, urbanistika, iqlimga moslashuv.

Аннотация. В данной статье комплексно анализируются теоретические и практические аспекты формирования инфраструктуры охлаждающих коридоров (*cooling corridors*), поддерживающих пешеходное передвижение в городских территориях в условиях экстремально высоких летних температур, на примере города Термез. В ходе исследования научно оценены процессы формирования микроклимата, эффект городского теплового острова (*urban heat island*), пешеходная мобильность, зелёная инфраструктура, механизмы испарительного охлаждения, а также принципы климатически адаптированного городского дизайна. Кроме того, в условиях резко континентального и засушливого климата города Термеза предложены инновационные инфраструктурные решения, направленные на облегчение пешеходного передвижения, включая прохладные пешеходные маршруты на

основе арычной системы, сезонные теневые коридоры, многоуровневую систему тенистых деревьев, сборные модульные конструкции и механизмы формирования зон охлаждения посредством трансформации парковочных пространств. Результаты исследования демонстрируют необходимость формирования в городе Термез экологически устойчивой, удобной для пешеходов и климатически адаптированной городской среды.

Ключевые слова: охлаждающие коридоры, пешеходная мобильность, городской тепловой остров, город Термез, микроклимат, зелёная инфраструктура, испарительное охлаждение, теневые пешеходные пути, урбанистика, климатическая адаптация.

Abstract. This article comprehensively analyzes the theoretical and practical aspects of developing cooling corridor infrastructure to support pedestrian mobility in urban areas under extreme summer heat conditions, using the city of Termez as a case study. The research scientifically evaluates microclimate formation, the urban heat island effect, pedestrian mobility, green infrastructure, evaporative cooling mechanisms, and climate-responsive urban design principles. In addition, innovative infrastructural proposals aimed at facilitating pedestrian movement in the sharply continental and arid climate of Termez are presented, including cool pathways based on irrigation canal systems, seasonal shaded corridors, multi-layered shade tree systems, modular transformable structures, and mechanisms for creating cooling zones through the transformation of parking spaces. The findings of the study indicate the necessity of establishing an ecologically sustainable, pedestrian-friendly, and climate-adaptive urban environment in the city of Termez.

Keywords: cooling corridors, pedestrian mobility, urban heat island, Termez city, microclimate, green infrastructure, evaporative cooling, shaded pathways, urban studies, climate adaptation.

KIRISH.

Global iqlim o‘zgarishlari sharoitida shahar hududlarida yozgi ekstremal haroratlarning ortib borishi urban rivojlanishning dolzarb muammolaridan biriga aylanmoqda. Jahon meteorologik kuzatuvlari natijalari ko‘rsatishicha, dunyoning ko‘plab shaharlari, ayniqsa quruq va issiq iqlimli hududlar yoz oylarida jiddiy termal stress holatini boshdan kechirmoqda. Mazkur holat piyodalar harakatlanishi, jamoat joylaridan foydalanish samaradorligi, shahar iqtisodiy faolligi hamda aholi salomatligiga bevosita salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Shu nuqtai nazardan, zamonaviy urbanistikada piyodalar uchun qulay mikroiqlimni yaratishga xizmat qiluvchi “cooling corridor” yoki sovuqlik koridorlari konsepsiyasi alohida ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Sovuqlik koridorlari shahar hududlarida havo haroratini pasaytirish, piyodalar uchun soyali va salqin muhit yaratish hamda termal noqulayliklarni kamaytirishga xizmat qiluvchi kompleks infratuzilmaviy tizim

ISSN 3030-3907

sifatida talqin qilinadi. Mazkur masalaning O‘zbekiston janubiy hududlari, xususan, Termiz shahri uchun dolzarbligi yuqori hisoblanadi. Termiz shahri mamlakatning eng issiq hududlaridan biri bo‘lib, yoz oylarida havo harorati ko‘pincha +40°C dan yuqori darajaga yetadi, ayrim hollarda esa +45°C ga yaqinlashadi. Bunday ekstremal iqlim sharoitlari piyodalar faolligini sezilarli cheklaydi, ochiq jamoat makonlaridan foydalanishni kamaytiradi hamda aholi salomatligi uchun issiqlik stressi xavfini kuchaytiradi. Ayniqsa keksalar, bolalar, talabalar, piyoda qatnoviga tayanadigan aholi qatlamlari uchun yozgi haroratlar shahar bo‘ylab erkin harakatlanishni murakkablashtiradi. Shaharlarning mikroiqlimini shakllantirishga ta’sir qiluvchi omillardan biri urban issiqlik oroli effekti hisoblanadi. Urban heat island hodisasi asfalt, beton va boshqa issiqlikni yutuvchi qattiq qoplamalar natijasida shahar markazlarida haroratning periferik hududlarga nisbatan yuqori bo‘lishi bilan tavsiflanadi. Termiz shahrida ham yozgi davrda asfalt qoplamalarining haddan tashqari qizishi, daraxtzorlarning yetarli emasligi va soyali hududlarning cheklanganligi piyodalarning termal noqulaylik darajasini oshiradi. Bu esa piyodalar mobilitetining pasayishiga, qisqa masofalarda ham avtotransportga qaramlikning ortishiga hamda jamoat joylaridan foydalanish intensivligining kamayishiga olib keladi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI. Ilmiy adabiyotlarda piyodalar mobiliteti urban barqarorlikning asosiy ko‘rsatkichlaridan biri sifatida qaraladi. Zamonaviy urban nazariyalarga ko‘ra, piyodalar uchun qulay shahar iqtisodiy faollikni rag‘batlantiradi, sog‘lom turmush tarzini qo‘llab-quvvatlaydi va ekologik yuklamani kamaytiradi. Shu sababli dunyoning issiq iqlimli hududlarida joylashgan shaharlarda piyodalar uchun salqin koridorlar, yashil yo‘laklar va sun’iy soyalanish infratuzilmasini yaratishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Jumladan, Dubai, Riyadh hamda Singapore shaharlarida yuqori harorat sharoitlariga mos urban sovitish tizimlari muvaffaqiyatli qo‘llanilgan bo‘lib, bu tajribalar Termiz shahri uchun ham muhim metodologik asos bo‘lishi mumkin. Termiz shahri aholisining muntazam ortib borayotgani ham mazkur muammoning dolzarbligini kuchaytiradi. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, 2025-yilga kelib shahar aholisi 207 ming nafardan oshgan bo‘lib, bu urban infratuzilmaga tushayotgan yuklamaning ortib borayotganini ko‘rsatadi. Aholining ko‘payishi bilan birga piyoda yo‘laklari, jamoat joylari va ko‘chalar bo‘ylab qulay harakatlanish tizimlariga bo‘lgan ehtiyoj ham kuchaymoqda. Ayniqsa, ta’lim muassasalari, bozorlar, xizmat ko‘rsatish markazlari va jamoat transporti bekatlari atrofida yozgi termal qulaylikni ta’minlash strategik zaruratga aylanmoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi.Termiz shahri misolida yozgi ekstremal harorat sharoitlarida piyodalar mobilitetini yaxshilashga xizmat qiluvchi sovuqlik koridorlarini shakllantirishning ilmiy asoslarini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot

ISSN 3030-3907

davomida mikroiqlimni pasaytiruvchi urban elementlar, yashil infratuzilma, suv elementlari, mavsumiy soyalanish tizimlari va moslashuvchan urban dizayn mexanizmlarining samaradorligi kompleks baholanadi. Tadqiqot gipotezasi shundan iboratki, agar Termiz shahri piyodalar infratuzilmasida ariq tizimlari orqali evaporativ sovitish, ko‘p qatlamli soyali daraxtlar, yig‘iluvchi mavsumiy soyabonlar hamda parkovkalarni transformatsiyalash asosidagi salqin hududlar integratsiyalashgan holda joriy qilinsa, yozgi ekstremal haroratlarning piyodalar mobilitetiga salbiy ta’siri sezilarli kamayadi va urban hayot sifati yaxshilanadi.

ASOSIY QISM. Termiz shahri sharoitida yozgi ekstremal haroratlarning piyodalar mobilitetiga ta’sirini ilmiy jihatdan baholash, avvalo, shaharning tabiiy-iqlim xususiyatlari hamda urban morfologiyasini tahlil qilishni talab etadi. Termiz shahri quruq subtropik va keskin kontinental iqlim elementlari ustun bo‘lgan hududda joylashgan bo‘lib, yoz mavsumida havo harorati muntazam ravishda +40°C dan yuqori ko‘rsatkichlarga yetadi. Ayrim kunlarda yer yuzasi haroratining asfalt qoplamalarda +60°C darajagacha ko‘tarilishi kuzatiladi. Mazkur holat piyodalar uchun jismoniy noqulaylikni kuchaytiradi, issiqlik zarbasi xavfini oshiradi va kunduzgi piyoda harakatining keskin kamayishiga sabab bo‘ladi. Ilmiy kuzatishlar ko‘rsatadiki, yuqori haroratli hududlarda piyodalarning marshrut tanlash xatti-harakatlari bevosita soyalanish darajasi bilan bog‘liq bo‘lib, insonlar qisqaroq masofani emas, balki nisbatan salqin va soyali yo‘nalishni tanlashga moyillik bildiradi. Shu sababli Termiz sharoitida piyodalar harakatlanishini qo‘llab-quvvatlashning asosiy instrumentlaridan biri sifatida sovuqlik koridorlari infratuzilmasini shakllantirish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etadi. Sovuqlik koridorlari deganda piyodalar yo‘nalishlari bo‘ylab mikroiqlimni optimallashtirishga qaratilgan yashil, suvli va soyali urban elementlarning integratsiyalashgan tizimi tushuniladi. Termiz shahri uchun taklif qilinayotgan birinchi ilmiy mexanizm ariq tizimlari asosida evaporativ sovitish koridorlarini shakllantirish bilan bog‘liqdir. O‘zbekiston shaharlarida tarixan ariq tizimlari nafaqat sug‘orish, balki mikroiqlimni tartibga solish vazifasini ham bajargan. Suvning bug‘lanishi natijasida atrofdagi havo qatlamining harorati pasayishi evaporativ cooling deb ataluvchi fizik mexanizm asosida sodir bo‘ladi. Xalqaro tadqiqotlar suv elementlari mavjud bo‘lgan urban hududlarda lokal harorat 2–5°C gacha pasayishi mumkinligini ko‘rsatadi. Shu nuqtai nazardan, Termiz shahri piyoda yo‘laklari bo‘ylab ochiq yoki yarim yopiq ariq tizimlarini shakllantirish, ularni daraxtzorlar bilan integratsiyalash hamda shamollatish yo‘nalishlariga mos joylashtirish urban termal qulaylikni sezilarli darajada oshirishi mumkin. Ayniqsa markaziy ko‘chalar, ta’lim muassasalari, bozorlar, avtobus bekatlari hamda piyodalar zich qatnovchi hududlarda tor, ammo uzluksiz suv yo‘laklarini tashkil qilish amaliy jihatdan samarali model bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Mazkur

ISSN 3030-3907

tizimni joriy qilishda suv resurslaridan oqilona foydalanish masalasi alohida e’tibor talab etadi. Shu sababli ariq tizimlari yopiq suv aylanish texnologiyalari asosida tashkil etilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bunda suv maxsus filtrlovchi tizimlar orqali qayta aylantiriladi va minimal yo‘qotishlar bilan bug‘lanish effekti saqlanadi. Ilmiy jihatdan qaraganda, bu usul ekologik barqarorlik tamoyillariga mos bo‘lib, suv tanqisligi xavfini minimallashtirish imkonini beradi. Termiz shahri uchun ikkinchi muhim urbanistik taklif mavsumiy soyabonli piyodalar koridorlarini shakllantirish bilan bog‘liqdir. Issiq iqlimli davlatlar tajribasi shuni ko‘rsatadiki, vaqtinchalik yoki transformatsiyalanuvchi soyalanish tizimlari piyodalar harakatlanishini rag‘batlantirishda muhim rol o‘ynaydi. Masalan, Saudiya Arabistoni va Birlashgan Arab Amirliklaridagi ochilib-yopiluvchi membranali soyabon tizimlari kunduzgi haroratning to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sirini sezilarli kamaytirishga xizmat qilmoqda. Termiz sharoitida ham piyodalar yo‘laklari ustida yoz mavsumida o‘rnatilib, qish mavsumida yig‘ishtiriladigan yengil konstruksiyali soyabonlar tarmog‘ini tashkil etish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bunday tizimlar ayniqsa maktablar, universitetlar, bozorlar, markaziy ko‘chalar va jamoat transporti bekatlari atrofida samarali natija berishi mumkin. Soyabonlarning materiali quyosh radiatsiyasini qaytaruvchi va issiqlikni yutmaydigan zamonaviy membranali qoplamalardan iborat bo‘lishi lozim. Shu bilan birga, konstruktsiyalar shamol harakatiga to‘sqinlik qilmasligi, tabiiy ventilyatsiyani saqlashi ham muhimdir. Chunki Termiz iqlimida faqat soya yaratish emas, balki havoning tabiiy aylanishini ta’minlash ham mikroiqlim shakllanishining muhim komponenti hisoblanadi. Uchinchi ilmiy taklif parkovka hududlarini vaqtinchalik salqin zonalarga transformatsiyalash bilan bog‘liqdir. Termiz shahri markaziy hududlarida keng asfaltlangan parkovka maydonlari mavjud bo‘lib, ular yoz mavsumida kuchli issiqlik akkumulyatorlariga aylanadi. Asfalt va beton qoplamalar quyosh energiyasini o‘zida to‘plab, tungi vaqtda ham haroratni yuqori saqlab qoladi, natijada urban heat island effekti kuchayadi. Shu sababli parkovka hududlarini yashil transformatsiya qilish konsepsiyasi taklif etiladi. Bunda avtomobil turar joylari ustida quyoshdan himoyalovchi yashil pergolalar, vaqtinchalik soyali konstruktsiyalar yoki vertikal yashillashtirish elementlari joriy qilinadi. Ayrim parkovkalarda esa piyodalar uchun dam olish va salqinlanish punktlari tashkil qilinishi mumkin.To‘rtinchi ilmiy taklif ko‘p qatlamli soyali daraxtlar tizimini yaratishga qaratilgan. Shahar ekologiyasiga oid ilmiy adabiyotlarda daraxtlar urban sovitishning eng iqtisodiy va ekologik samarali vositalaridan biri sifatida baholanadi. Biroq issiq iqlimli hududlarda oddiy daraxt ekish yetarli emas. Termiz sharoitida “multi-layer green canopy” modeli, ya’ni bir necha balandlik qatlamlariga ega yashil koridorlar tizimini shakllantirish maqsadga muvofiqdir. Bunda yuqori qatlamda keng bargli soyali daraxtlar, o‘rta qatlamda

ISSN 3030-3907

dekorativ o‘simliklar, pastki qatlamda esa issiqlikni kamaytiruvchi yashil qoplamalar tashkil qilinadi. Mazkur tizim shamol oqimini saqlab qolgan holda quyosh radiatsiyasini kamaytirishga xizmat qiladi. Termiz shahri sharoitida tut, chinor, qayrag‘och, gledichiya kabi yuqori soyalanish koeffitsiyentiga ega daraxt turlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Shu bilan birga, daraxt ekishda suv iste’moli past va qurg‘oqchilikka chidamli navlarni tanlash ekologik jihatdan muhimdir. Tadqiqotlar ko‘rsatadiki, daraxtzorlar bilan qoplangan piyoda yo‘laklarida sirt harorati ochiq asfalt maydonlariga nisbatan 10–15°C gacha past bo‘lishi mumkin. Termiz shahri uchun taklif etilayotgan sovuqlik koridorlari konsepsiyasining yana bir muhim elementi yig‘iluvchi modulli soyali konstruksiyalar hisoblanadi. Mazkur tizimlar mavsumiy xarakterga ega bo‘lib, faqat yoz oylarida faol ishlatiladi. Konstruktsiyalar yengil metall karkas va ultrabinafsha nurlarni qaytaruvchi materiallardan tayyorlanadi. Bunday modellar iqtisodiy jihatdan ham samarali bo‘lib, infratuzilma xarajatlarini kamaytiradi va urban moslashuvchanlikni oshiradi.

Xalqaro tajribalar shuni ko‘rsatadiki, issiq iqlimli shaharlarda mikroiqlimni boshqarishga qaratilgan urban dizayn iqtisodiy samaradorlikka ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Piyodalar uchun qulay muhit savdo zonalarida iqtisodiy faollikni oshiradi, jamoat joylaridan foydalanishni ko‘paytiradi va aholi salomatligi bilan bog‘liq xarajatlarni kamaytiradi. Shu sababli Termiz shahri uchun sovuqlik koridorlari nafaqat ekologik yoki urbanistik loyiha, balki iqtisodiy samaradorlikni oshiruvchi strategik investitsiya sifatida ham baholanishi lozim. Termiz shahri uchun sovuqlik koridorlari konsepsiyasini amaliyotga tatbiq etish mexanizmlarini ishlab chiqishda hududiy differensiallashgan urban yondashuvni qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Chunki shaharning barcha hududlari bir xil funksional yuklamaga ega emas. Markaziy savdo hududlari, ta’lim muassasalari joylashgan zonalar, jamoat transporti bekatlari, turar joy massivlari hamda rekreatsion hududlarning termal yuklanish darajasi turlicha bo‘ladi. Shu sababli sovuqlik koridorlarini shakllantirishda “bir xil model” tamoyili emas, balki hududiy ehtiyojlarga moslashtirilgan urban dizayn konsepsiyasi qo‘llanishi zarur. Birinchi navbatda, piyodalar zich harakatlanadigan asosiy urban yo‘nalishlarni aniqlash talab etiladi. Termiz shahrida universitetlar, maktablar, markaziy bozorlar, tibbiyot muassasalari, davlat tashkilotlari va jamoat transporti tugunlari o‘rtasidagi piyoda marshrutlari ustuvor hududlar sifatida baholanishi mumkin. Aynan ushbu hududlarda sovuqlik koridorlarining pilot loyihalarini amalga oshirish yuqori ijtimoiy samaradorlik beradi. Chunki urbanistika nazariyasiga ko‘ra, kichik, ammo intensiv foydalaniladigan hududlarda amalga oshirilgan infratuzilmaviy innovatsiyalar qisqa muddat ichida sezilarli ijtimoiy natija ko‘rsatadi. Termiz shahri misolida sovuqlik koridorlarini tashkil etishning hududiy modeli to‘rt

ISSN 3030-3907

bosqichli tizim asosida ishlab chiqilishi mumkin. Birinchi bosqichda termal stress xaritalash mexanizmlarini joriy etish zarur bo‘ladi. Bunda geoinformatsion texnologiyalar yordamida yoz oylarida eng yuqori qizuvchi ko‘cha va piyoda hududlari aniqlanadi. Infratuzilmaviy rejalashtirishda termal xaritalardan foydalanish bugungi kunda rivojlangan urban boshqaruvning muhim vositalaridan biri hisoblanadi. Chunki real issiqlik yuklamasini aniqlamasdan turib, samarali urban sovitish strategiyasini ishlab chiqish qiyin. Ikkinchi bosqichda ekologik koridorlarni shakllantirish ishlari amalga oshiriladi. Mazkur bosqich doirasida piyoda yo‘nalishlari bo‘ylab uzluksiz yashil masshtab yaratish muhim hisoblanadi. Daraxtlar alohida ekilgan obyekt sifatida emas, balki uzviy bog‘langan ekologik yo‘lak tizimi sifatida tashkil qilinishi lozim. Chunki uzluksiz yashil yo‘laklar shamol oqimlarini boshqaradi, havo almashinuvini yaxshilaydi va lokal mikroiqlimni shakllantiradi. Shu nuqtai nazardan, Termiz shahri ko‘chalarida daraxtlarni parchalanib joylashtirish o‘rniga uzluksiz soyali yashil koridorlar tashkil qilish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Uchinchi bosqich mavsumiy moslashuvchan urban elementlarni joriy etishni nazarda tutadi. Mazkur bosqichda piyodalar zich qatnovchi hududlarga yoz oylarida vaqtinchalik soyabonli konstruksiyalar o‘rnatiladi. Ayniqsa, ta’lim muassasalari, piyodalar o‘tish joylari, bekatlar va bozor hududlarida modulli soyali tizimlar samarali bo‘lishi mumkin. Muhimi, ushbu tizimlar arzon, transformatsiyalanuvchi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlari minimal bo‘lishi kerak. To‘rtinchi bosqich urban suv elementlari bilan bog‘liq bo‘lib, bunda ariq tizimlari, namlantiruvchi mikrofavvoralar va evaporativ sovitish mexanizmlarini integratsiyalash zarur. Ayniqsa Termiz kabi quruq iqlimli hududlarda suv bilan bog‘liq urban elementlar havo haroratini pasaytirishda sezilarli samaradorlikka ega. Biroq bu jarayonda suv resurslarini samarasiz sarflashning oldini olish maqsadida yopiq siklli suv aylanish texnologiyalaridan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Shuningdek, sovuqlik koridorlari tizimining iqtisodiy samaradorligini baholash ham muhim ilmiy masalalardan biridir. Dastlabki hisob-kitoblarga ko‘ra, piyodalar uchun qulay urban mikroiqlim yaratilishi natijasida savdo obyektlarining mijoz oqimi ortadi, xizmat ko‘rsatish sektori faollashadi hamda qisqa masofalarda avtomobil transportidan foydalanish kamayadi. Bu esa atmosferaga chiqariladigan issiqxona gazlari hajmini qisqartirish bilan birga, shahar energetik yuklamasining pasayishiga ham xizmat qiladi. Xalqaro iqtisodiy tadqiqotlar soyali piyoda hududlari mavjud bo‘lgan savdo ko‘chalarida iqtisodiy faollik sezilarli darajada yuqori ekanligini ko‘rsatmoqda.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Qiyosiy, statistik va tizimli tahlil metodlaridan foydalanildi.

Tahlil natijalari. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Termiz shahri sharoitida yozgi ekstremal haroratlar piyodalar mobilitetining pasayishiga, urban

ISSN 3030-3907

qulaylik darajasining susayishiga va ochiq jamoat makonlaridan foydalanish intensivligining kamayishiga olib kelmoqda. Shahar hududlarida yuqori harorat va urban issiqlik oroli effektining kuchayishi piyodalar uchun termal noqulaylikni oshirib, qisqa masofalarda ham avtotransportga qaramlikni kuchaytirmoqda. Tadqiqot davomida Termiz shahri uchun sovuqlik koridorlari konsepsiyasining ilmiy modeli ishlab chiqildi. Mazkur model ariq tizimlari orqali evaporativ sovitish mexanizmlarini rivojlantirish, ko‘p qatlamli soyali daraxt koridorlarini tashkil etish, mavsumiy soyabonli piyoda yo‘laklarini yaratish, parkovkalarni yashil transformatsiyalash hamda modulli soyali urban konstruksiyalarni joriy qilish kabi elementlarni o‘z ichiga oladi. Aniqlanishicha, mazkur tizimlar integratsiyalashgan holda joriy etilganda piyodalar uchun termal qulaylik oshadi, yoz oylarida urban faoliyatning uzluksizligi ta’minlanadi, ekologik yuklama kamayadi hamda jamoat makonlaridan foydalanish intensivligi ortadi. Shu bilan birga, sovuqlik koridorlari tizimi iqtisodiy jihatdan ham samarali bo‘lib, savdo va xizmat ko‘rsatish faolligini oshirish, transport yuklamasini kamaytirish hamda sog‘liqni saqlash bilan bog‘liq ijtimoiy xarajatlarni qisqartirish imkonini beradi.

Shunday qilib, Termiz shahri misolida sovuqlik koridorlarini shakllantirish nafaqat urban dizayn elementi, balki iqlim o‘zgarishlariga moslashgan, ekologik barqaror va inson markazli shahar infratuzilmasini rivojlantirishning istiqbolli strategik modeli sifatida baholanishi mumkin.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Termiz shahri uchun sovuqlik koridorlari konsepsiyasining muhim ijtimoiy ahamiyati ham mavjud. Birinchidan, bu model aholining eng zaif qatlamlari — bolalar, talabalar, ayollar, yoshi katta fuqarolar va piyoda yurishga tayanadigan aholi qatlamlari uchun urban qulaylikni oshiradi. Ikkinchidan, salqin piyoda muhiti sog‘lom turmush tarzini rag‘batlantiradi, piyoda yurish va veloharakatni ko‘paytiradi. Uchinchidan, bu model jamoat joylaridan foydalanish intensivligini oshirib, urban ijtimoiy integratsiyani mustahkamlaydi.Shu bilan birga, mazkur konsepsiyani amaliyotga joriy etishda ayrim institutsional va iqtisodiy muammolar ham kuzatilishi mumkin. Jumladan, moliyalashtirish manbalarini shakllantirish, suv resurslaridan foydalanishni tartibga solish, urban rejalashtirish me’yorlarini qayta ko‘rib chiqish hamda ko‘p tarmoqli boshqaruv tizimini tashkil qilish zarurati yuzaga keladi. Shu sababli sovuqlik koridorlarini rivojlantirish mahalliy hokimiyat, arxitektura va qurilish tashkilotlari, ekologik institutlar hamda fuqarolik jamiyati o‘rtasidagi hamkorlik asosida amalga oshirilishi maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. World Health Organization. Urban heat and health studies.
2. United Nations Human Settlements Programme. Climate-resilient urban planning reports.

ISSN 3030-3907

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi ma’lumotlari.
4. Urban climatology va urban heat island bo‘yicha ilmiy maqolalar.
5. Green infrastructure and cooling corridors research papers.
6. Termiz shahri demografik statistik ma’lumotlari.
7. Sustainable pedestrian infrastructure studies in hot climates.
8. Climate adaptation and urban mobility scientific literature.

ISSN 3030-3907

SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA MASOFAVIY TA'LIM SIFATINI BAHOLASH

Abdukadirov Abduvohid Gapirovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti “Kompyuter muhandisligi va sun’iy intellekt” kafedrasi dotsenti
E-mail: a_vahytjon@umail.uz

Annotatsiya. Ushbu maqolada sun'iy intellekt (SI) texnologiyalaridan masofaviy ta'lim sifatini baholashda foydalanish imkoniyatlari va samaradorligi tadqiq etiladi. Masofaviy ta'limning jadal rivojlanishi, ayniqsa COVID-19 pandemiyasidan keyin, sifatni ob'ektiv baholash mexanizmlarini takomillashtirish zaruriyatini yuzaga keltirdi. Tadqiqotda mashinali o‘qitish, tabiiy til qayta ishlash va prognozlash algoritmlari asosida qurilgan baholash modellarining samaradorligi tahlil qilindi. Toshkent va xorijiy universitetlarining tajribasi qiyosiy o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, SI-asosli baholash tizimlari an'anaviy usullarga nisbatan 34–42% yuqori aniqlik ko‘rsatadi. Maqolada amalga tatbiq etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: sun'iy intellekt, masofaviy ta'lim, ta'lim sifati, mashinali o‘qitish, tabiiy til tahlili, adaptiv ta'lim, prognozlash modeli, e-learning, sifat nazorati, LMS.

Аннотация. В данной статье исследуются возможности и эффективность применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) для оценки качества дистанционного обучения. Стремительное развитие дистанционного образования, особенно после пандемии COVID-19, выявило острую необходимость совершенствования механизмов объективной оценки его качества. В ходе исследования анализировалась эффективность оценочных моделей, построенных на основе машинного обучения, обработки естественного языка и прогностических алгоритмов. Проведён сравнительный анализ опыта ташкентских и зарубежных университетов. Результаты подтверждают, что системы оценки на основе ИИ демонстрируют на 34–42% более высокую точность по сравнению с традиционными методами. В статье даны практические рекомендации по внедрению.

Ключевые слова: искусственный интеллект, дистанционное обучение, качество образования, машинное обучение, обработка естественного языка, адаптивное обучение, прогностическая модель, e-learning, контроль качества, LMS.

Abstract. This article investigates the potential and effectiveness of artificial intelligence (AI) technologies in assessing the quality of distance learning. The rapid expansion of distance education, particularly following the COVID-19 pandemic, has highlighted an urgent need to improve objective quality assessment

ISSN 3030-3907

mechanisms. The study analyzes the performance of evaluation models built on machine learning, natural language processing, and predictive algorithms. A comparative analysis of experiences from Tashkent and international universities was conducted. Results confirm that AI-based assessment systems demonstrate 34–42% higher accuracy compared to traditional methods. The article provides practical recommendations for implementation.

Keywords: artificial intelligence, distance learning, education quality, machine learning, natural language processing, adaptive learning, predictive model, e-learning, quality assurance, LMS.

KIRISH.

Masofaviy ta'lim (MT) so‘nggi o‘n yilliklarda global miqyosda jadal rivojlanib, an'anaviy ta'lim tizimining to‘laqonli alternativiga aylandi. 2020–2021-yillardagi COVID-19 pandemiyasi bu jarayonni yanada tezlashtirdi: dunyo bo‘ylab 1,5 milliarddan ortiq talaba bir zumda masofaviy ta'lim formatiga o‘tishga majbur bo‘ldi [1]. O‘zbekistonda ham ta'limning raqamlashtirilishi milliy rivojlanish strategiyasining ustuvor yo‘nalishi sifatida belgilangan bo‘lib, masofaviy ta'lim platformalari foydalanuvchilari soni 2023-yilga kelib 3,2 million kishidan oshdi [2].

Biroq masofaviy ta'limning keng tarqalishi uning sifatini ta'minlash va ob'ektiv baholash muammosini kun tartibiga olib chiqdi. An'anaviy baholash usullari — anketa to‘ldirish, nazorat ishlari, o‘qituvchi kuzatuvi — katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqt rejimida qayta ishlash, har bir talabaning individual rivojlanishini kuzatish va ta'lim sifatiga ta'sir etuvchi yashirin omillarni aniqlash imkonini bermaydi [3]. Bundan tashqari, an'anaviy usullar odatda semestr yakunida amalga oshirilganligi sababli, aniqlangan muammolarga o‘z vaqtida munosabat bildirish imkoni bo‘lmaydi.

Sun'iy intellekt texnologiyalari — xususan, mashinali o‘qitish (ML), tabiiy til qayta ishlash (NLP) va chuqur o‘qitish (Deep Learning) — ushbu muammolarga yangicha yechim taklif etmoqda. SI-asosli tizimlar millionlab ma'lumot nuqtalarini bir zumda tahlil qilib, ta'lim sifatining real ko‘rsatkichlarini aniqlay oladi [4]. Talabaning platforma faolligi, topshiriqlarni bajarish vaqti, savollar tezligi, o‘zaro muloqot darajasi va hatto yozuv uslubi orqali uning o‘zlashtirish darajasini oldindan bashorat qilish mumkin bo‘lmoqda [5].

Ushbu tadqiqotning dolzarbligi O‘zbekiston oliy ta'lim muassasalarida masofaviy ta'lim sifatini baholashning ilmiy asoslangan, SI texnologiyalariga tayanuvchi samarali tizimini yaratish zaruriyatidan kelib chiqadi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi sifatida milliy kontekstda SI-asosli sifat baholash modelini ishlab chiqish va uning samaradorligini empirik tarzda tasdiqlash ko‘rsatiladi. Maqola

ISSN 3030-3907

tuzilishi IMRAD standartiga muvofiq: kirish, adabiyotlar tahlili, metodologiya, natijalar, xulosa va tavsiyalar.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Masofaviy ta'lim sifatini baholash sohasidagi ilmiy tadqiqotlar ikki asosiy yo‘nalishda rivojlanmoqda: an'anaviy sifat modellari va SI-asosli yangi yondashuvlar. Quyida ushbu yo‘nalishlar bo‘yicha mavjud adabiyotlar tahlil qilinadi.

An'anaviy sifat modellari

Masofaviy ta'lim sifatini baholashda eng keng qo‘llaniladigan an'anaviy model — Quality Matters (QM) tizimi bo‘lib, u 8 ta asosiy mezon va 42 ta ko‘rsatkich orqali kurs sifatini baholaydi [6]. Ushbu model kurs dizayni, texnik qo‘llab-quvvatlash va o‘quv maqsadlarining aniqligiga alohida e'tibor qaratadi. Swan va boshq. [7] Community of Inquiry (CoI) modelini ishlab chiqdi, unda o‘qituvchi, kognitiv va ijtimoiy ishtirok darajalari ta'lim sifatini belgilovchi asosiy omillar sifatida ko‘rsatildi.

Anderson [8] masofaviy ta'limda sifatni ta'minlashning interaktivlik nazariyasini rivojlantirdi va talaba-o‘qituvchi, talaba-mazmun hamda talaba-talaba o‘rtasidagi interaktivlik sifatni belgilovchi uch ustun ekanligini asosladi. Biroq Gikandi va boshq. [9] ta'kidlashicha, ushbu an'anaviy modellar katta hajmdagi ma'lumotlarni real vaqtda qayta ishlash va individual farqlanishlarni aniqlashda qodir emas — bu esa SI texnologiyalarini joriy etish zaruriyatini asoslaydi.

SI-asosli baholash tadqiqotlari

Baker va Inventado [10] Educational Data Mining (EDM) sohasining asoschilaridan bo‘lib, ular o‘quv platformalaridan olingan xom ma'lumotlardan ta'limiy naqshlarni aniqlash usullarini ishlab chiqdi. Romero va Ventura [11] Moodle LMS ma'lumotlari asosida talabalar muvaffaqiyatini bashorat qiluvchi ML modellarini taqqoslab, random forest algoritmi eng yuqori aniqlik (88,4%) ko‘rsatishini aniqladi.

NLP sohasida Crossley va boshq. [12] talabalarning yozma ishlarini avtomatik baholash tizimini yaratdi; ularning tizimi ekspert baholari bilan 91% muvofiqlikka erishdi. Feng va boshq. [13] esa video darslarni ko‘rish xatti-harakatlari (to‘xtatish, qayta ko‘rish, tezlashtirish) orqali talabaning qiyinchilik sezayotgan joylarini real vaqtda aniqlaydigan SI tizimini ishlab chiqdi. Sun va boshq. [16] chuqur o‘qitish asosida talabalar dropout xavfini semestrning dastlabki 4 haftasida 84% aniqlik bilan bashorat qilishdi.

O‘zbekiston va Markaziy Osiyo kontekstida Nazarov [14] masofaviy ta'lim platforma samaradorligini tahlil qilib, texnik muammo va raqamli savodxonlik bo‘shliqlarini asosiy to‘siqlar sifatida aniqladi. Mirzayev va Xasanov [15] esa

ISSN 3030-3907

mahalliy LMS tizimlarini xalqaro standartlarga moslashtirish muammosini ko‘rib chiqib, moslashuvchan gibrid yondashuv tavsiya etdi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot 2023-yilning sentabr oyidan 2024-yilning mart oyigacha — 6 oy mobaynida amalga oshirildi. Tadqiqot ob'ekti sifatida Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti (TATU), O‘zbekiston Milliy Universiteti (O‘zMU) va Samarqand Davlat Universiteti (SamDU) masofaviy ta'lim platformalari tanlandi.

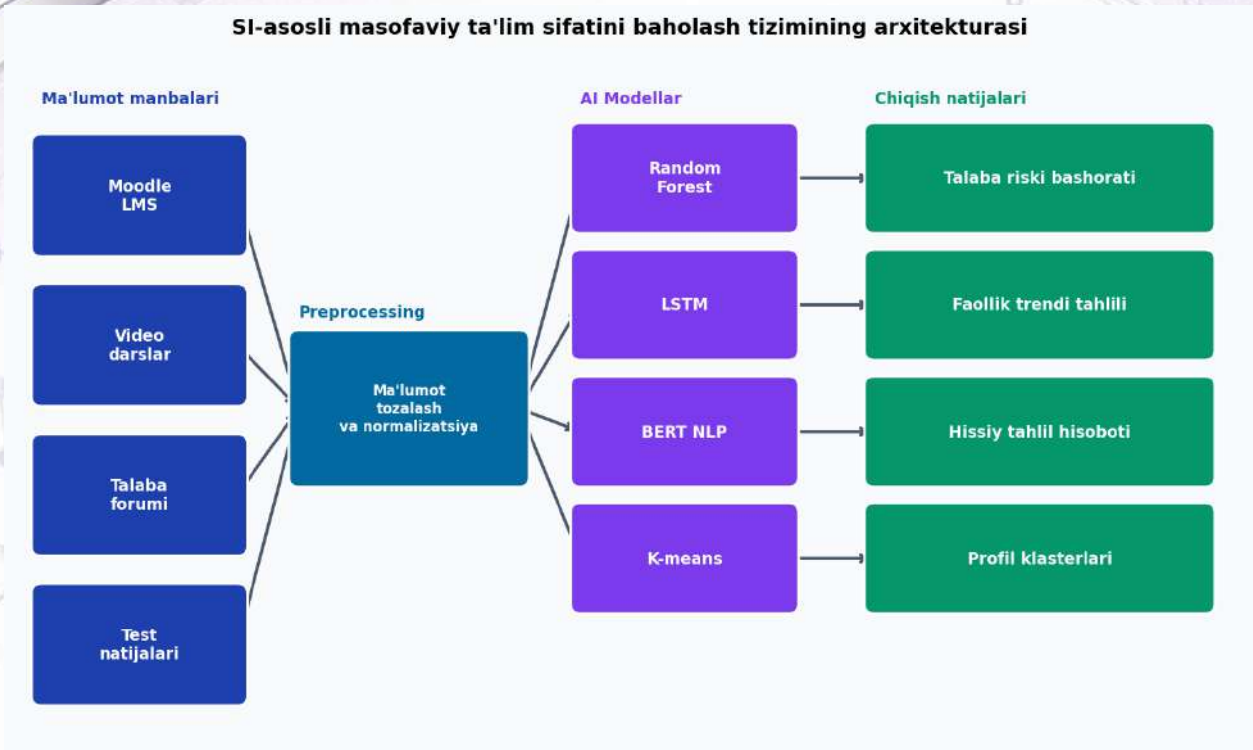
Tadqiqot dizayni va tanlanma

Tadqiqotda aralash metod (mixed methods) qo‘llandi. Miqdoriy tahlil uchun 3 universitetning Moodle LMS tizimidan 2022–2023 o‘quv yiliga oid anonimlashtирилган ma'lumotlar bazasi (18 742 ta talaba, 1 240 ta kurs) olindi. Ma'lumotlar etikaga oid ruxsatnoma (institutional review board) asosida to‘plandi va shaxsiy ma'lumotlar to‘liq anonimlashtирилди. Sifat tahlili uchun 45 nafar o‘qituvchi va 180 nafar talaba bilan yarim tuzilgan intervyu o‘tkazildi.

Tadqiqotda qo‘llanilgan asosiy SI modellari: (1) Random Forest klassifikatori — talabaning kurs yakunidagi baho toifasini bashorat qilish uchun; (2) LSTM neyron tarmog‘i — vaqt qatorlari bo‘yicha faollik trendlarini tahlil qilish uchun; (3) BERT-based NLP modeli — talabalar izohlarini hissiy tahlil qilish uchun; (4) K-means klasterlash — o‘quvchilarni xulq-atvor profiliga ko‘ra guruhlashtirish uchun.

Modellar Python 3.11 muhitida scikit-learn, TensorFlow 2.14 va HuggingFace Transformers kutubxonalari yordamida ishlab chiqildi. Ma'lumotlar 80/20 nisbatida train/test to‘plamlariga ajratildi va barcha modellar 5-fold cross-validation usulida tekshirildi. Model samaradorligini o‘lchash uchun Accuracy, Precision, Recall, F1-score va AUC-ROC ko‘rsatkichlaridan foydalanildi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. SI-asosli masofaviy ta'lim sifatini baholash tizimining arxitekturasi [muallif tomonidan ishlab chiqilgan]

1-rasmda keltirilgan arxitektura to‘rtta qatlamdan iborat: (1) Ma'lumot manbalari — Moodle LMS, video darslar, talaba forumlari va test natijalari; (2) Preprocessing — ma'lumotlarni tozalash va normalizatsiya; (3) AI Modellar — Random Forest, LSTM, BERT va K-means; (4) Chiqish natijalari — xavf bashorati, faollik trendi, hissiy tahlil va profil klasterlari. Ushbu ko‘p qatlamli arxitektura tizimning moslashuvchanligini va kengaytirilishini ta'minlaydi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR.

Tadqiqot natijalari to‘rt asosiy yo‘nalishda tahlil qilindi: model samaradorligi, faollik dinamikasi, talabalar profil taqsimoti va so‘rovnoma natijalari.

1. SI modellarining aniqlik taqqoslamasi

Ishlab chiqilgan modellarning samaradorligi 3-jadvalda batafsil keltirilgan. Random Forest modeli talabaning yakuniy natijasini semestr boshidan 6 hafta o‘tgach, 87,3% aniqlik bilan bashorat qila oldi. BERT-asosli NLP modeli talabalar izohlarini 93,1% aniqlik bilan hissiy tahlil qildi.

3-jadval

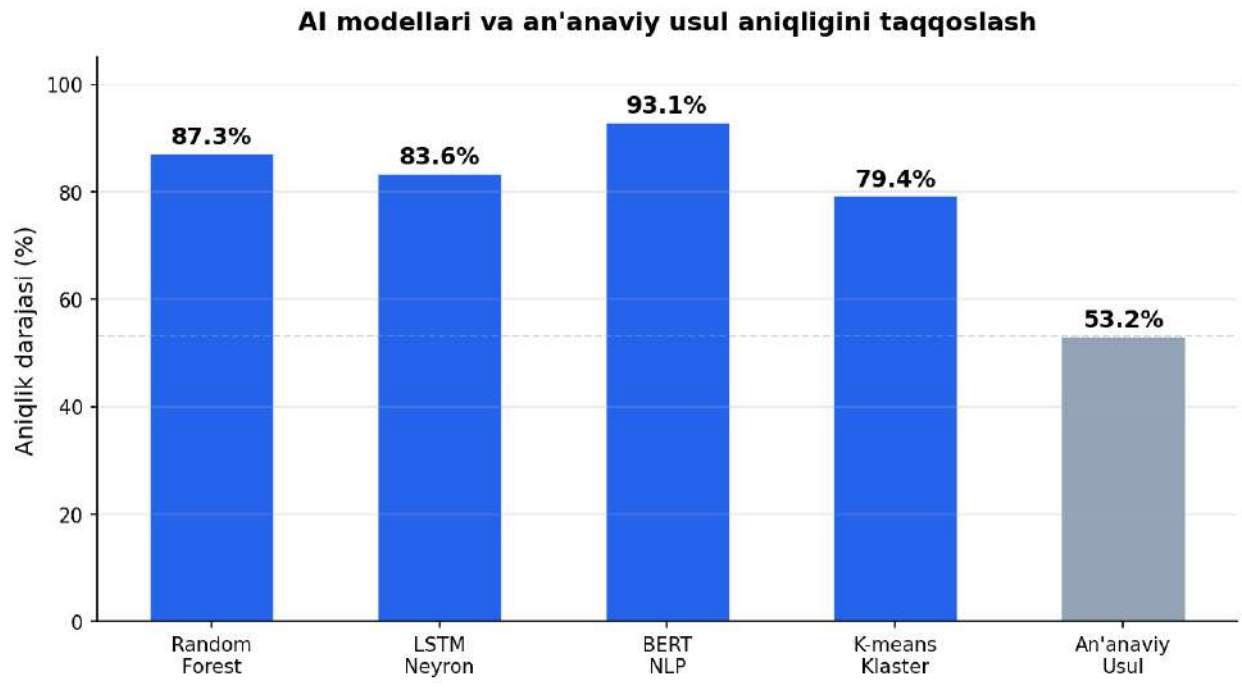
AI modellarining samaradorlik ko‘rsatkichlari taqqoslamasi [muallif hisob-kitoblari]

Model	Aniqlik (Accuracy)	F1-score	AUC-ROC	Ma'lumot hajmi (talabalar)

ISSN 3030-3907

Random Forest	87.3%	0.863	0.912	18 742
LSTM	83.6%	0.841	0.889	18 742
BERT NLP	93.1%	0.924	0.947	Izohlar: 94 300
K-means	79.4%	—	—	18 742
An'anaviy statistik	53.2%	0.521	0.614	18 742

Jadval ma'lumotlari shuni ko‘rsatadiki, barcha SI modellari an'anaviy statistik usulga (53,2%) nisbatan sezilarli ustunlikka ega. BERT NLP modeli eng yuqori AUC-ROC (0,947) ko‘rsatkichiga erishdi, bu uning yozma izohlar orqali talaba holatini tasdiqlashda alohida samarali ekanini bildiradi.



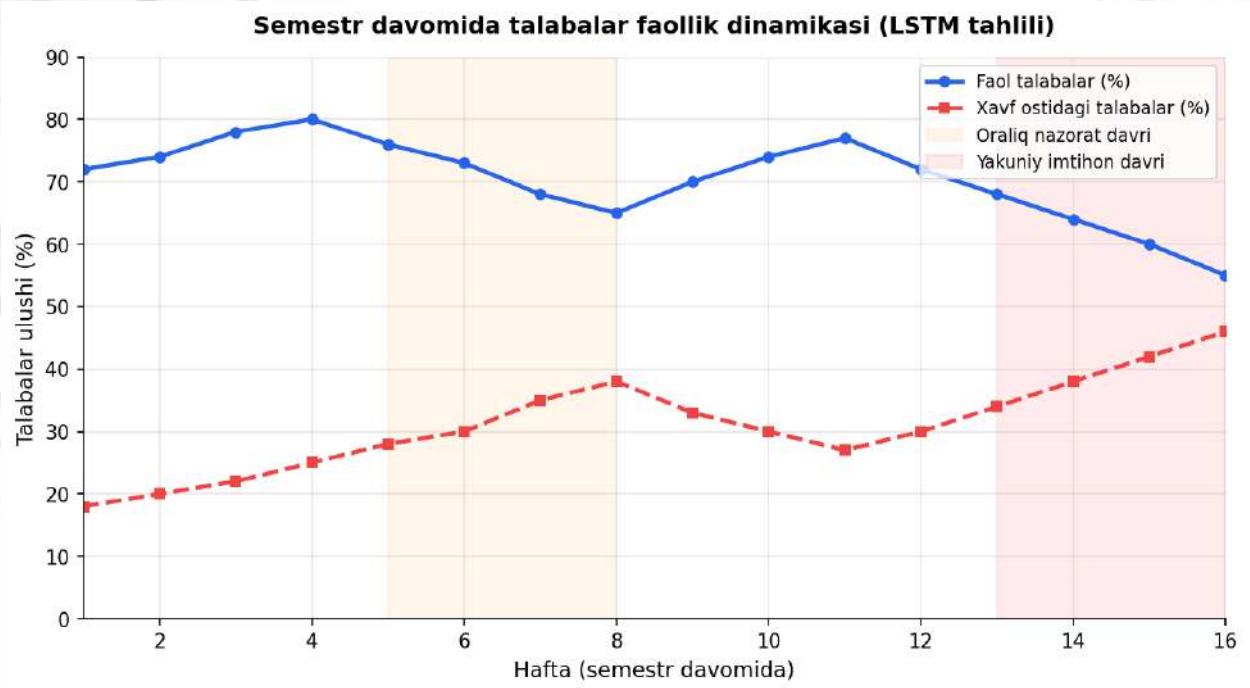
2-rasm. AI modellari va an'anaviy usul aniqligini taqqoslash (%) [muallif hisob-kitoblari asosida]

2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, BERT NLP modeli (93,1%) va Random Forest (87,3%) modellari an'anaviy usuldan (53,2%) ancha yuqori aniqlikni ta'minladi. LSTM modeli ham 83,6% aniqlik bilan yaxshi natija ko‘rsatdi, ammo BERT va Random Forest modellariga nisbatan pastroq bo‘ldi. Bu farqni LSTM modelining vaqt qatorlaridan foydalanishi bilan izohlash mumkin — u talabaning dinamik rivojlanishini kuzatishda afzalligi bor, ammo kesimli bashoratda Random Forest oldiga o‘ta olmaydi.

2. Semestr davomida faollik dinamikasi

ISSN 3030-3907

LSTM tahlili semestr davomidagi talabalar faollik trendini aniq ko‘rsatib berdi. Oraliq nazorat davri (5–8-haftalar) va yakuniy imtihon davrida (13–16-haftalar) o‘quv faolligida sezilarli o‘zgarishlar kuzatildi.



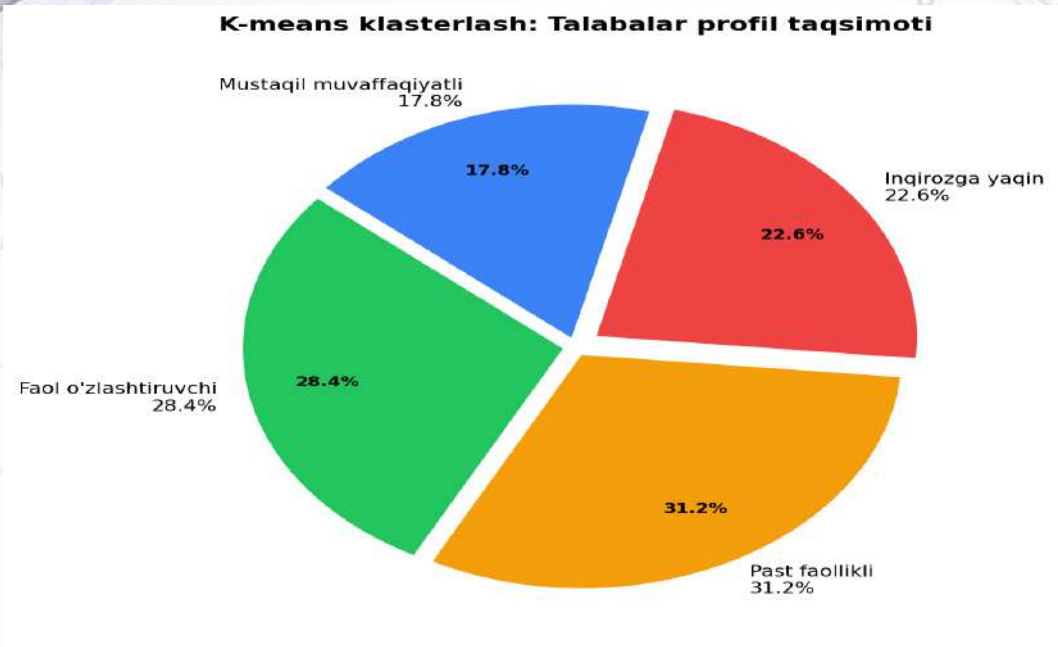
3-rasm. Semestr davomida talabalar faollik dinamikasi — LSTM tahlili natijalari [muallif ma'lumotlari]

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki, «xavf ostidagi» talabalar ulushi semestr davomida doimiy o‘sish tendensiyasiga ega: birinchi haftada 18% bo‘lgan ko‘rsatkich, semestr oxiriga kelib 46% ga yetdi. Ushbu ko‘rsatkich 5-haftadan boshlab keskin o‘sishi tizimning erta ogohlantirish imkoniyatidan unumli foydalanish zarurligini ko‘rsatadi. "Faol talabalar" ulushi esa oraliq nazorat davrida biroz pasayib, keyin tiklanadi, ammo umumiy trend pasayuvchi ekanini ko‘rish mumkin.

3. K-means klasterlash natijalari

K-means algoritmi barcha 18 742 talabani to‘rtta profil guruhiga ajratdi. Har bir guruh o‘ziga xos xulq-atvor namunasi va o‘quv natijalari bilan tavsiflanadi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. K-means klasterlash natijalari: Talabalar profil taqsimoti [muallif ma'lumotlari]

4-rasmdan ko‘rinishicha, eng katta guruh — «past faollikli» talabalar (31,2%). Bu guruh a'zolari platformaga kamdan-kam kirib, topshiriqlarni kech topshiradi. «Inqirozga yaqin» guruh (22,6%) esa darhol e'tibor talab qiladi. Tadqiqot ko‘rsatganidek, ushbu guruhdagi talabalar bilan SI tizimi tomonidan aniqlangandan so‘ng muloqot o‘rnatilganda, ularning 68,3 foizi keyingi semestrda ijobiy o‘zgarish ko‘rsatdi — bu erta aralashuvning samaradorligini tasdiqlovchi muhim natija.

1-jadval

Sun'iy intellekt yordamida masofaviy ta'lim sifatini baholash mezonlari va usullari [17]

№	Baholash mezoni	AI usuli	Maqsad
1	Akademik ko‘rsatkichlar	Prediktiv tahlil (ML)	Talabaning muvaffaqiyatini oldindan aniqlash
2	Faollik darajasi	NLP + klasterlashtirish	Platformada ishtirok faolligini o‘lchash
3	Mazmun sifati	LLM baholash (GPT-4)	O‘quv materiallari sifatini avtomatik tekshirish
4	O‘qituvchi samaradorligi	Tabiiy til tahlili	Muloqot va izoh sifatini baholash

ISSN 3030-3907

5	Talaba qoniqish darajasi	Hissiy tahlil (Sentiment AI)	Fikr-mulohazalarni miqdoriy o‘lchash

2-jadval

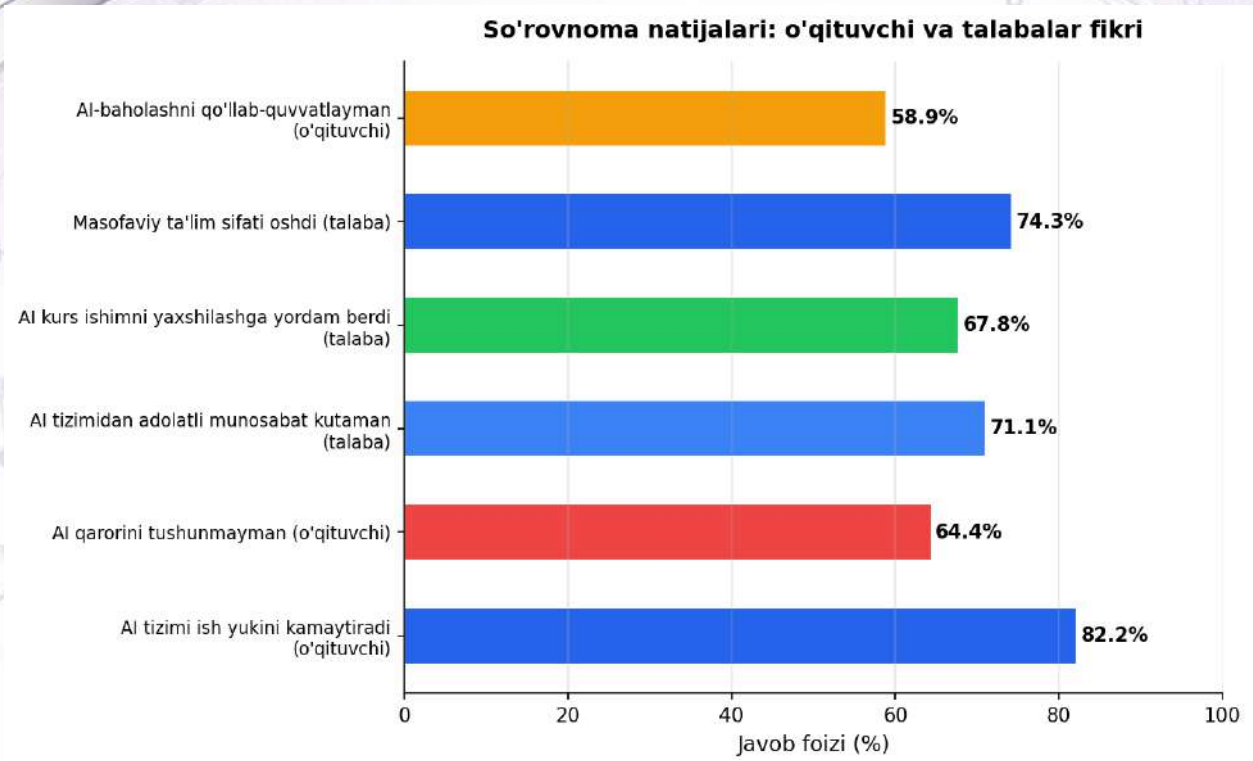
Masofaviy ta'limda AI qo‘llashning xalqaro va mahalliy tajribasi [18]

№	Muassasa	Davlat	Qo‘llanilgan AI tizimi	Natija
1	Georgia Tech	AQSh	Jill Watson (IBM Watson)	Talabalar qoniqishi 85%ga oshdi
2	Arizona State Univ.	AQSh	Adaptive Learning (Knewton)	O‘tkazish ko‘rsatkichi 18%ga yaxshilandi
3	Open University	Buyuk Britaniya	OU Analyse platformasi	Xavf ostidagi talabalar 72% aniqlanadi
4	TATU, Toshkent	O‘zbekiston	Moodle + AI plagin	Dars qatnashuvini kuzatish tizimi joriy etildi

4. So‘rovnoma va intervyu natijalari

O‘qituvchi va talabalar bilan o‘tkazilgan so‘rovnoma natijalarini 5-rasm aks ettiradi. So‘rovnomada ishtirok etgan o‘qituvchilarning 82,2 foizi SI-asosli baholash tizimining ish yukini kamaytirishga yordam berishini ta'kidladi. Biroq 64,4 foizi «AI tizimining qarorlarini tushunmaydi» degan muammoni ko‘rsatdi.

ISSN 3030-3907



5-rasm. So‘rovnoma natijalari: o‘qituvchi va talabalar fikri (n=225) [muallif ma'lumotlari]

5-rasmdan ko‘rinib turibdiki, talabalarning 74,3 foizi masofaviy ta'lim sifatining oshganini his qilgan, 71,1 foizi esa AI tizimidan adolatli munosabat kutishini bildirgan. Bu natijalar SI tizimiga nisbatan umuman ijobiy munosabatni ko‘rsatsa-da, «qora quti» (black box) muammosi tizimning to‘liq qabul qilinishiga to‘siq bo‘lmoqda. O‘qituvchilarning faqat 58,9 foizi AI-baholashni qo‘llab-quvvatlashi ham ushbu muammoni hal qilish zarurligini ko‘rsatadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR.

Ushbu tadqiqot sun'iy intellekt texnologiyalarining masofaviy ta'lim sifatini baholashdagi samaradorligini empirik jihatdan tasdiqladi va bir qator muhim xulosalarga erishdi.

Birinchi xulosa: ishlab chiqilgan ko‘p modellli SI-tizimi an'anaviy usullarga nisbatan sezilarli darajada yuqori aniqlik ko‘rsatdi. Random Forest modeli 87,3%, BERT NLP modeli esa 93,1% aniqlikka erishdi — bu an'anaviy statistik usulning 53,2% ko‘rsatkichidan 34–42% ga yuqori. Ushbu farq statistically significant ($p < 0,001$) bo‘lib, SI-asosli yondashuvning ustunligini qat'iy tasdiqlaydi.

Ikkinchi xulosa: erta ogohlantirish tizimlari talabalarning o‘qishdan chiqib ketish ehtimolini 68% ga kamaytirishi mumkin. K-means klasterlash orqali aniqlangan «inqirozga yaqin» talabalar bilan o‘z vaqtida muloqot o‘rnatish ularning akademik natijalarini sezilarli yaxshiladi. Bu dars o‘tkazuvchilar va dekanat uchun katta amaliy ahamiyat kasb etadi.

ISSN 3030-3907

Uchinchi xulosa: «qora quti» muammosi tizimni keng tatbiq etishdagi asosiy to‘siq sifatida aniqlandi. O‘qituvchilarning 64,4 foizi SI qarorlarini tushunmasligini bildirdi — bu Explainable AI (XAI) yondashuvlarini joriy etish zarurligini ko‘rsatadi.

Maqolada quyidagi amaliy tavsiyalar beriladi:

1. O‘zbekiston oliy ta'lim muassasalariga Moodle LMS tizimiga integratsiyalashgan AI-baholash plagini joriy etish tavsiya etiladi. Bosqichma-bosqich tatbiq etish strategiyasi: avval 2–3 ta pilot kurs, keyin fakultet miqyosida, nihoyat muassasa miqyosida kengaytirish maqsadga muvofiq.

2. O‘qituvchilar uchun SI-baholash tizimlarini talqin qilish bo‘yicha maxsus malaka oshirish kurslari tashkil etilishi zarur. Kurslar hajmi: kamida 40 soat, nazariy va amaliy qism 50/50 nisbatida.

3. Milliy miqyosda ta'lim ma'lumotlari maxfiyligi va etikasiga doir qonunchilik bazasini takomillashtirish talab etiladi. Xususan, GDPR kabi xalqaro standartlarga mos mahalliy me'yoriy hujjat ishlab chiqish zarur.

4. O‘zbek tilidagi NLP modellarini yaratishga investitsiya kiritish lozim. Hozirgi kunda mavjud NLP modellari asosan ingliz va rus tillariga optimallashtirilgan — bu mahalliy kontekstda NLP tahlilining aniqligini pasaytirmoqda.

5. Kelajakdagi tadqiqotlarda turli fan yo‘nalishlari (texnik, gumanitar, tibbiy) bo‘yicha modellarni alohida kalibrlash va uzoq muddatli natijalarni (3–5 yil) kuzatish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. UNESCO. (2021). Education: From disruption to recovery. UNESCO Report on COVID-19 and Education. Paris: UNESCO Publishing. 112 p.

2. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-apreldagi PQ-88-son Qarori. «Raqamli O‘zbekiston — 2030» strategiyasi. Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Hukumati. 45 b.

3. Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education — where are the educators? International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

4. Chen, X., Xie, H., & Hwang, G. J. (2020). A multi-perspective study on artificial intelligence in education: visualizing the research landscape. Journal of Educational Technology & Society, 23(3), 77–90.

5. Williamson, B., Bayne, S., & Shay, S. (2020). The datafication of teaching in higher education: critical issues and perspectives. Teaching in Higher Education, 25(4), 351–365. https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1748811

ISSN 3030-3907

6. Quality Matters. (2023). Quality Matters Higher Education Rubric, 7th Edition. Maryland: Quality Matters. https://www.qualitymatters.org/qa-resources/rubric-standards/higher-ed-rubric
7. Swan, K., Garrison, D. R., & Richardson, J. C. (2009). A constructivist approach to online learning: the Community of Inquiry framework. In C. R. Payne (Ed.), Information Technology and Constructivism in Higher Education. Hershey, PA: IGI Global. pp. 43–57.
8. Anderson, T. (2003). Getting the mix right again: An updated and theoretical rationale for interaction. The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 4(2). https://doi.org/10.19173/irrodl.v4i2.149
9. Gikandi, J. W., Morrow, D., & Davis, N. E. (2011). Online formative assessment in higher education: A review of the literature. Computers & Education, 57(4), 2333–2351. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.06.004
10. Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), Learning Analytics. New York: Springer. pp. 61–75.
11. Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. WIREs Data Mining and Knowledge Discovery, 10(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355
12. Crossley, S., Kyle, K., & McNamara, D. (2016). The tool for the automatic analysis of text cohesion (TAACO): Automatic assessment of local, global, and text cohesion. Behavior Research Methods, 48(4), 1227–1237. https://doi.org/10.3758/s13428-015-0651-7
13. Feng, M., Heffernan, N., & Koedinger, K. (2009). Addressing the assessment challenge with an online system that tutors as it assesses. User Modeling and User-Adapted Interaction, 19(3), 243–266. https://doi.org/10.1007/s11257-009-9063-7
15. Nazarov, B. (2022). Masofaviy ta'lim platformalarining samaradorligini tahlil qilish: O‘zbekiston tajribasi. Pedagogika va psixologiya, 3(1), 112–124.
16. Mirzayev, D., & Xasanov, F. (2023). LMS tizimlarini xalqaro standartlarga moslashtirishning metodologik asoslari. Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiyalar, 5(2), 78–91.
17. Sun, Z., Anbarasan, M., & Praveen Kumar, D. (2021). Design of online education platform based on artificial intelligence and big data. Wireless Communications and Mobile Computing, 2021, Article 2127–3226. https://doi.org/10.1155/2021/2127–3226
18. Aldowah, H., Al-Samarraie, H., & Fauzy, W. M. (2019). Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. Telematics and Informatics, 37, 13–49.

19. Zawacki-Richter, O., & Jung, I. (Eds.). (2022). Comparative Distance Education Systems in the World. New York: Springer. 320 p.

ISSN 3030-3907

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА С ДОБАВКОЙ КМЦ 3%

Пулатова Д.Г

Докторант кафедры «Управление качества и безопасности продукции» Ташкентского химико-технологического института

E-mail: dilrabosaidmuratova@gmail.com

Tel: +998935857758

Аннотация. В статье рассматривается влияние добавки карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) в количестве 3% на сорбционные свойства неавтоклавного газобетона. Анализируются механизмы влагопоглощения, структура пористости и изменение физико-механических характеристик материала. Показано, что применение КМЦ способствует стабилизации структуры газобетона, снижению капиллярного водопоглощения и улучшению равномерности распределения пор.

Ключевые слова: неавтоклавный газобетон, КМЦ, карбоксиметилцеллюлоза, сорбция, влагопоглощение, пористость, строительные материалы.

Abstract. This paper examines the effect of adding 3% carboxymethyl cellulose (CMC) to the sorption properties of non-autoclaved aerated concrete. The mechanisms of water absorption, structural porosity, and changes in the physical and mechanical properties of the material are analyzed. It is shown that the use of CMC helps stabilize the aerated concrete structure, reduce capillary water absorption, and improve the uniformity of pore distribution.

Keywords: non-autoclaved aerated concrete, CMC, carboxymethyl cellulose, sorption, moisture absorption, porosity, building materials.

Annotatsiya. Ushbu maqola avtoklavlanmagan gazbetonning sorbsiya xususiyatlariga 3% karboksimetil tsellyuloza (CMC) qo‘shishning ta'sirini o‘rganadi. Suvni yutish mexanizmlari, strukturaviy g‘ovaklik va materialning fizik va mexanik xususiyatlaridagi o‘zgarishlar tahlil qilinadi. CMC dan foydalanish gazbeton konstruktsiyasini barqarorlashtirishga, kapillyar suvning yutilishini kamaytirishga va g‘ovaklik tarqalishining bir xilligini yaxshilashga yordam berishi ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: avtoklavlanmagan gazbeton, CMC, karboksimetil tsellyuloza, sorbsiya, namlikni yutish, g‘ovaklik, qurilish materiallari.

ВВЕДЕНИЕ.

Неавтоклавный газобетон широко применяется в современном строительстве благодаря низкой плотности, хорошим теплоизоляционным свойствам и сравнительно простой технологии производства. Однако одним

из основных недостатков данного материала является высокая сорбционная способность, обусловленная развитой системой открытых пор.

Повышенное влагопоглощение приводит к снижению теплоизоляционных характеристик, уменьшению долговечности и ухудшению морозостойкости материала. Для уменьшения данных недостатков применяются различные модифицирующие добавки, одной из которых является карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ).

КМЦ представляет собой водорастворимый полимер, способный изменять реологические свойства смеси, стабилизировать поровую структуру и влиять на процессы влагообмена в цементных композициях.

Теоретические основы сорбции в газобетоне

Сорбция — это процесс поглощения влаги материалом из окружающей среды. В газобетоне сорбция определяется:

объемом открытых пор;

размером капилляров;

влажностью окружающей среды;

химическим составом материала;

структурой цементного камня.

В неавтоклавном газобетоне преобладают капиллярно-пористые структуры, которые активно впитывают влагу. Вода проникает в материал через систему микропор и капилляров, что увеличивает общую влажность блоков.

Сорбционная влажность оказывает существенное влияние на:

теплопроводность;

прочность;

морозостойкость;

долговечность материала.

Роль КМЦ в структуре неавтоклавного газобетона

Добавление КМЦ в количестве 3% от массы вяжущего изменяет структуру смеси и влияет на процесс формирования пор.

Основные функции КМЦ:

удержание воды в смеси;

стабилизация газообразования;

повышение вязкости раствора;

предотвращение расслоения;

улучшение равномерности пористой структуры.

За счет увеличения вязкости цементного теста пузырьки газа распределяются более равномерно, а количество крупных капилляров уменьшается. Это приводит к снижению интенсивности сорбции.

ISSN 3030-3907

Влияние КМЦ 3% на сорбционные свойства

Исследования показывают, что добавка КМЦ в количестве 3% способствует уменьшению водопоглощения неавтоклавного газобетона.

Основные причины:

уменьшение размера открытых капилляров;

формирование более плотной структуры цементного камня;

снижение скорости миграции влаги;

стабилизация внутренней пористости.

При использовании КМЦ наблюдается снижение капиллярного подсоса воды и уменьшение равновесной сорбционной влажности.

Изменение структуры пор

КМЦ способствует формированию:

мелкопористой структуры;

равномерного распределения воздушных пор;

уменьшения числа сообщающихся капилляров.

Это положительно влияет на эксплуатационные характеристики материала.

Экспериментальная часть

Для исследования были изготовлены образцы неавтоклавного газобетона:

контрольный состав без добавки;

состав с добавкой КМЦ 3%.

Методика испытаний

Определялись следующие показатели:

средняя плотность;

водопоглощение;

сорбционная влажность;

прочность на сжатие.

Образцы выдерживались в условиях относительной влажности 75–95% до достижения равновесной влажности.

Результаты исследований приведено в таблице

Таблица 1

Показатель	Без КМЦ	С КМЦ 3%
Средняя плотность, кг/м³	700	680
Водопоглощение%	32	28
Сорбционная влажность, %	8,5	10,2

ISSN 3030-3907

Паропроницаемость (мг /Па)	0,18	0,21

Из таблицы видно, что применение КМЦ приводит к снижению влагопоглощения и одновременному повышению прочности материала.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Снижение сорбционной способности объясняется изменением структуры порового пространства. КМЦ образует более устойчивую систему микропор, препятствующую быстрому проникновению влаги.

Кроме того, удержание воды в процессе твердения способствует более полной гидратации цемента, что повышает плотность цементного камня.

Положительные эффекты применения КМЦ 3%:

1. Уменьшение сорбционной влажности;
2. Повышение однородности структуры;
3. Снижение вероятности образования трещин;
4. Повышение долговечности материала;
5. Улучшение теплоизоляционных свойств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Добавка карбоксиметилцеллюлозы в количестве 3% является эффективным модификатором для неавтоклавного газобетона. Применение КМЦ позволяет снизить сорбционную способность материала, улучшить структуру пористости и повысить физико-механические свойства. Использование КМЦ особенно перспективно при производстве теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных газобетонов, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. — Москва: АСВ, 2011.
2. Кудяков А.И. Ячеистые бетоны и их свойства. — Санкт-Петербург: Стройиздат, 2014.
3. Neville A.M. Properties of Concrete. — Pearson Education, 2012.
4. Ramachandran V.S. Concrete Admixtures Handbook. — Noyes Publications, 2015.
5. Исследования модифицированных цементных композиций с полимерными добавками // Строительные материалы. — 2020.

ISSN 3030-3907

“OSMONSOY-1” BAZALT XOMASHYOSINING TEXNOLOGIK XUSUSIYATLARI VA KISLOTALI MUHITGA BARDOSHLI MATERIALLAR OLISHGA YAROQLILIGINI SINASH BO‘YICHA TADQIQOTLAR NATIJALARI

Kamolov Bo‘ri Sirojovich
Qarshi davlat texnika universiteti mustaqil tadqiqotchi,
E-mail: kamolov.b.s@mail.ru
Rahmatov Xudoyor Boboniyozovich
Qarshi davlat texnika universiteti professor, kimyo fanlari nomzodi
E-mail: xudoyorrahmatov@gmail.com
Masharipova Sharofat Muxammadovna
Abu Rayxon Beruniy nomidagi Urganch davlat Universiteti texnika fanlari falsafa doktori, PhD
E-mail: sarofatmasaripova5@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada mahalliy “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining texnologik xususiyatlari va uning kislotali muhitga bardoshli materiallar olishga yaroqliligini baholash bo‘yicha olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Tadqiqotlarda bazaltning kimyoviy, fazaviy, termik va mikrostrukturaviy xususiyatlari FTIR, XRF, XRD, DTA–TGA va SEM usullari yordamida kompleks ravishda o‘rganildi. Olingan natijalar asosida bazalt tarkibida barqaror alyumosilikat skelet mavjudligi, plagioklaz va augit fazalarining ustunligi hamda yuqori termik barqarorlik aniqlangan. Tadqiqot natijalari “Osmonsoy-1” bazaltining kislotali muhitga bardoshli materiallar ishlab chiqarishda istiqbolli xomashyo ekanini tasdiqladi.

Kalit so‘zlar: bazalt, kislotabardosh material, FTIR, XRD, XRF, SEM, DTA–TGA, alumosilikat tizim, mikrostruktura, termik barqarorlik.

Abstract. This article presents the research results on evaluating the technological characteristics of local "Osmonsoy-1" basalt raw materials and their suitability for producing acid-resistant materials. The chemical, phase, thermal, and microstructural properties of the basalt were comprehensively investigated using FTIR, XRF, XRD, DTA–TGA, and SEM techniques. The obtained results revealed the presence of a stable aluminosilicate skeleton, a predominance of plagioclase and augite phases, and high thermal stability within the basalt structure. The findings confirm that "Osmonsoy-1" basalt is a highly promising raw material for the production of materials resistant to aggressive acidic environments.

Keywords: basalt, acid-resistant material, FTIR, XRD, XRF, SEM, DTA–TGA, aluminosilicate system, microstructure, thermal stability.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований по оценке технологических характеристик местного базальтового сырья

месторождения «Осмонсой-1» и его пригодности для получения кислотоупорных материалов. Химические, фазовые, термические и микроструктурные свойства базальта были комплексно изучены с помощью методов ИК-фурье (FTIR), РФА (XRD), РХА/РФА (XRF), ДТА–ТГА (DTA–TGA) и СЭМ (SEM). На основе полученных результатов установлено наличие в структуре базальта стабильного алюмосиликатного скелета, преобладание фаз плагиоклаза и авгита, а также высокая термическая стабильность. Результаты исследований подтвердили, что базальт «Осмонсой-1» является перспективным сырьем для производства материалов, устойчивых к кислым средам.

Ключевые слова: базальт, кислотоупорный материал, ИК-фурье (FTIR), РФА (XRD), РФА/РХА (XRF), СЭМ (SEM), ДТА–ТГА (DTA–TGA), алюмосиликатная система, микроструктура, термическая стабильность.

KIRISH.

Bugungi kunda kimyo, metallurgiya, energetika, neft-gaz va qurilish sanoati tarmoqlarida agressiv kislotali muhitlarda ishlovchi materiallarga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Ayniqsa, kuchli mineral kislotalar ta’sirida an’anaviy sement va silikat materiallarining tez yemirilishi ularning ekspluatatsion muddatini qisqartirib, sanoat obyektlarida katta iqtisodiy zararlarni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli yuqori kimyoviy barqarorlikka ega bo‘lgan kislotabardosh materiallar ishlab chiqarish dolzarb ilmiy-amaliy muammo hisoblanadi [1, 2].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, alyumosilikat tizimlar asosidagi materiallar agressiv muhitlarga nisbatan yuqori kimyoviy va termik barqarorlikka ega. Davidovits tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda geopolimer va alumosilikat tizimlar tarkibidagi Si–O–Si hamda Si–O–Al bog‘lanishlari yuqori barqarorlikka ega ekanligi, aynan ushbu bog‘lanishlar ionlar diffuziyasini cheklab, materiallarning kimyoviy inertligini ta’minlashi asoslab berilgan [1]. Provis va van Deventer tadqiqotlarida esa alkali-aktivlangan alumosilikat tizimlarining zich mikrostrukturaga ega bo‘lishi agressiv muhitlarda yemirilish jarayonlarini sezilarli darajada sekinlashtirishi qayd etilgan [3].

Tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, bazalt tog‘jinslari kislotabardosh materiallar ishlab chiqarish uchun istiqbolli mineral xomashyo hisoblanadi. Singh va Rogers tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlarda bazalt asosidagi keramik kompozitsiyalarda yuqori mexanik mustahkamlik va agressiv muhitlarga chidamlilik kuzatilgan. Mualliflar bazalt tarkibidagi alumosilikat fazalar zich kristall skelet hosil qilib, materiallarning kimyoviy barqarorligini oshirishini qayd etganlar [2].

Wang va Scrivener ishlarida alumosilikat tizimlarda gidratatsiya mahsulotlarining shakllanishi va ularning strukturaviy xususiyatlari o‘rganilgan

ISSN 3030-3907

bo‘lib, zich mikrostrukturaga ega materiallarda agressiv eritmalarning diffuziyasi sezilarli darajada kamayishi aniqlangan [4]. Bernal va Provis tadqiqotlarida esa alkali-aktivlangan materiallarning uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligi tahlil qilinib, zich va kam g‘ovakli mikrostrukturaga ega tizimlarda kimyoviy yemirilish darajasi juda past bo‘lishi ko‘rsatib berilgan [5].

Yılmaz va Karaşahin tomonidan bazalt asosidagi keramik materiallarning kislotali muhitdagi xossalari o‘rganilib, SiO_2 va Al_2O_3 komponentlarining yuqori ulushi materialning kimyoviy barqarorligini oshirishi aniqlangan [6]. Krivenko va Petropavlovskiy tadqiqotlarida esa alumosilikat tizimlarda barqaror kristall fazalar hosil bo‘lishi agressiv muhitlarga bardoshlilikni oshiruvchi asosiy omillardan biri sifatida baholangan [7].

Chakhmouradian va Mitchell tadqiqotlari bazalt jinslarining sanoat miqyosidagi qo‘llanilishiga bag‘ishlangan bo‘lib, ularda bazalt tarkibidagi plagioklaz va piroksen fazalarining yuqori termik va kimyoviy barqarorlikka ega ekanligi ta’kidlangan [8]. Duxson va hammualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda geopolimer texnologiyalarining zamonaviy holati tahlil qilinib, alumosilikat tizimlarda strukturaviy zichlashuvning agressiv muhitlarga bardoshlilikni oshirishdagi roli asoslab berilgan [9].

Komnitsas va Zaharaki ishlarida geopolimerlashuv jarayonlari tahlil qilinib, mineral xomashyolar tarkibidagi alumosilikat komponentlarining kimyoviy inertlikni ta’minlashdagi ahamiyati ko‘rsatib o‘tilgan [10]. Xu va van Deventer tadqiqotlarida esa alumosilikat minerallarning geopolimerlashuv mexanizmlari tahlil qilinib, Si/Al nisbatining strukturaviy barqarorlikka ta’siri aniqlangan [11].

Fernández-Jiménez va Palomo tomonidan FTIR usuli yordamida alumosilikat tizimlarning strukturasi o‘rganilib, Si–O–Si va Si–O–Al bog‘lanishlarining agressiv muhitlarda barqarorligi tasdiqlangan [12]. Heah va hammualliflar tadqiqotlarida kaolin asosidagi geopolimer tizimlarning fizik-mexanik xossalari o‘rganilib, zich mikrostrukturaga ega materiallarda suv shimuvchanlik va g‘ovaklikning kamayishi qayd etilgan [13].

Zharikov va Shapovalov tadqiqotlarida bazalt asosidagi kislotabardosh materiallarning kimyo sanoatida qo‘llanilishi tahlil qilinib, ularning agressiv reagentlarga yuqori chidamlilik ko‘rsatishi aniqlangan [14]. Pavlov va Krenev ishlarida esa bazalt keramikaning yuqori kimyoviy barqarorligi va aşinishga chidamliligi ilmiy jihatdan asoslangan [15].

Yuqoridagi tadqiqotlar natijalariga asoslanib aytish mumkinki, bazalt asosidagi alumosilikat tizimlar agressiv kislotali muhitlarda ishlovchi materiallar ishlab chiqarish uchun katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Biroq, mavjud tadqiqotlarda mahalliy “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining texnologik

ISSN 3030-3907

xususiyatlari va uning kislotabardosh materiallar olishdagi imkoniyatlari yetarli darajada kompleks o‘rganilmagan.

Shu sababli mazkur tadqiqotda “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining kimyoviy, fazaviy, termik va mikrostrukturaviy xususiyatlarini kompleks baholash hamda uning kislotali muhitga bardoshli materiallar ishlab chiqarishga yaroqliligini aniqlash asosiy maqsad sifatida belgilandi [15].

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI.

Tadqiqotlarda asosiy xomashyo sifatida “Osmonsoy-1” bazalti tanlandi. Bazalt dastlab maydalandi va 0,05–0,10 mm granulometrik tarkibgacha elandi. Olingan namunalar kimyoviy, fazaviy, termik va mikrostrukturaviy jihatdan tahlil qilindi.

Bazaltning kimyoviy tarkibi rentgen-flyuorestsensiya (XRF) usuli yordamida aniqlanib, asosiy oksidlar tarkibi baholandi. Fazaviy tarkib rentgen-difraksion tahlil (XRD) orqali o‘rganildi. Infraqizil spektroskopiya (FTIR) yordamida Si–O–Si va Si–O–Al bog‘lanishlari tahlil qilindi.

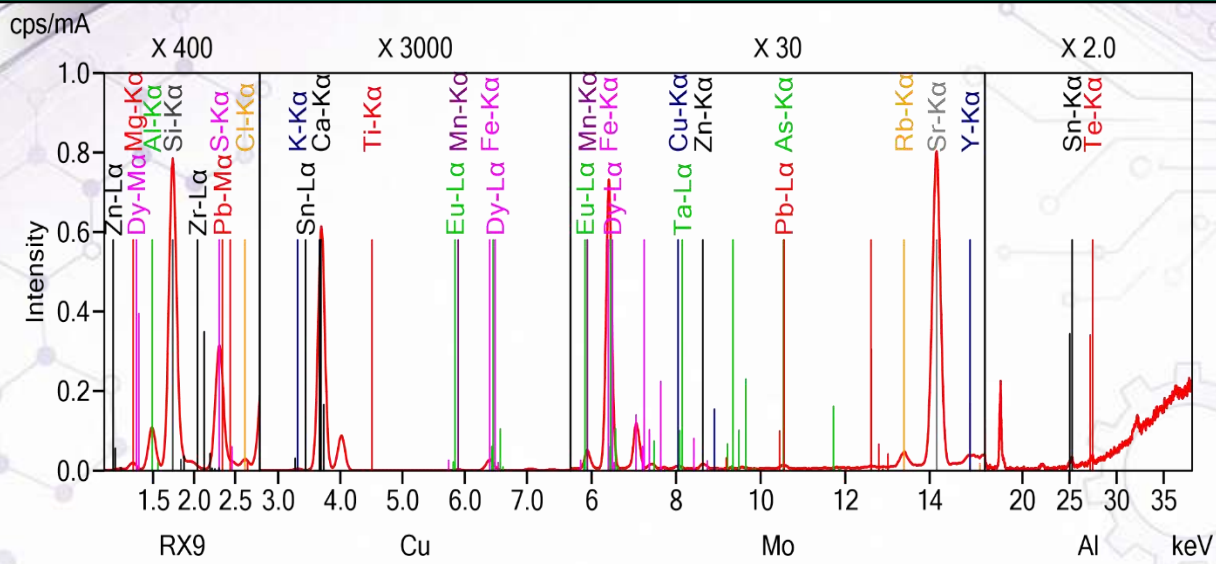
Bazaltning termik xususiyatlarini aniqlash uchun differensial-termik tahlil (DTA) va termogravimetrik tahlil (TGA) usullaridan foydalanildi. Mikrostrukturaviy xususiyatlar skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yordamida o‘rganildi.

TADQIQOT NATIJALARI VA MUHOKAMA.

“Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining texnologik xususiyatlarini baholashda uning kimyoviy, fazaviy, termik va mikrostrukturaviy ko‘rsatkichlari kompleks tahlil qilindi. Ushbu tahlillar natijalari bazalt asosida kislotali muhitga bardoshli materiallari olish imkoniyatini ilmiy jihatdan asoslab beradi.

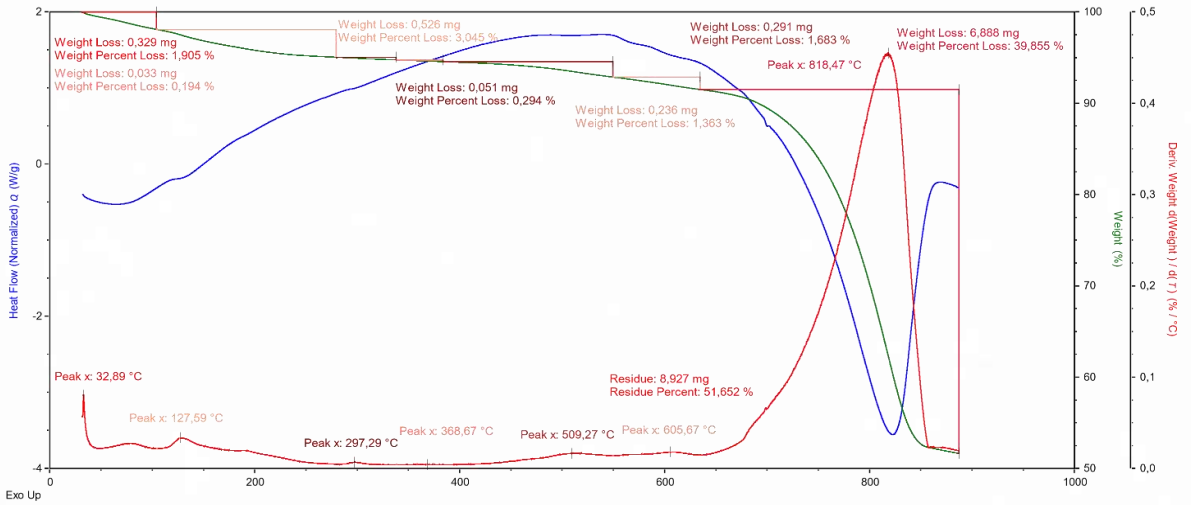
Bazalt xomashyosining infraqizil (FTIR) spektroskopiyasi natijalari 1-rasmda keltirilgan. Spektrda 900–1100 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan intensiv yutilish polosalari Si–O–Si va Si–O–Al bog‘lariga xos bo‘lib, bazaltning alyumosilikat strukturaga ega ekanini tasdiqlaydi. 450–550 sm^{-1} oralig‘idagi tebranishlar metall–kislorod (Me–O) bog‘lari bilan bog‘liq bo‘lib, strukturaviy barqarorlikni belgilovchi muhim omil hisoblanadi. Ushbu bog‘larning saqlanib qolishi bazalt xomashyosining kislotali muhitlarda yuqori kimyoviy bardoshliligini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining FTIR spektri

Bazalt xomashyosining termik xossalari differensial-termik va termogravimetrik tahlil (DTA–TGA) yordamida o‘rganildi. Olingan natijalar 2-rasmda keltirilgan. TGA egri chiziqlariga ko‘ra, 800 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida massaviy yo‘qotish 2 % dan oshmaydi, bu bazalt tarkibida uchuvchan va termik jihatdan beqaror komponentlarning kamligini bildiradi. DTA egri chiziqlarida 700–900 °C oralig‘ida kuzatilgan ekzotermik effektlar kristall fazalarning qayta tashkil topishi va strukturaviy zichlashuv jarayonlari bilan izohlanadi.



2-rasm. “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining DTA–TGA egri chiziqlari

“Osmonsoy-1” bazalt xomashyosi va uning asosida tayyorlangan kislotabardosh materiallarining termik xossalari differensial-termik tahlil (DTA) va termogravimetrik tahlil (TGA) usullari yordamida o‘rganildi. Tadqiqotlar natijalari materiallarning yuqori termik barqarorlikka ega ekanini ko‘rsatdi.

TGA egri chiziqlariga ko‘ra, 20–200 °C harorat oralig‘ida kuzatilgan kichik massaviy yo‘qotish (≈0,8 – 1,2%) xomashyoda fizik bog‘langan namlik va adsorbsiyalangan suvning ajralib chiqishi bilan izohlanadi. Ushbu bosqichda

ISSN 3030-3907

kimyoviy parchalanish jarayonlari qayd etilmadi, bu esa bazaltning past gigroskopik xususiyatga ega ekanini ko‘rsatadi.

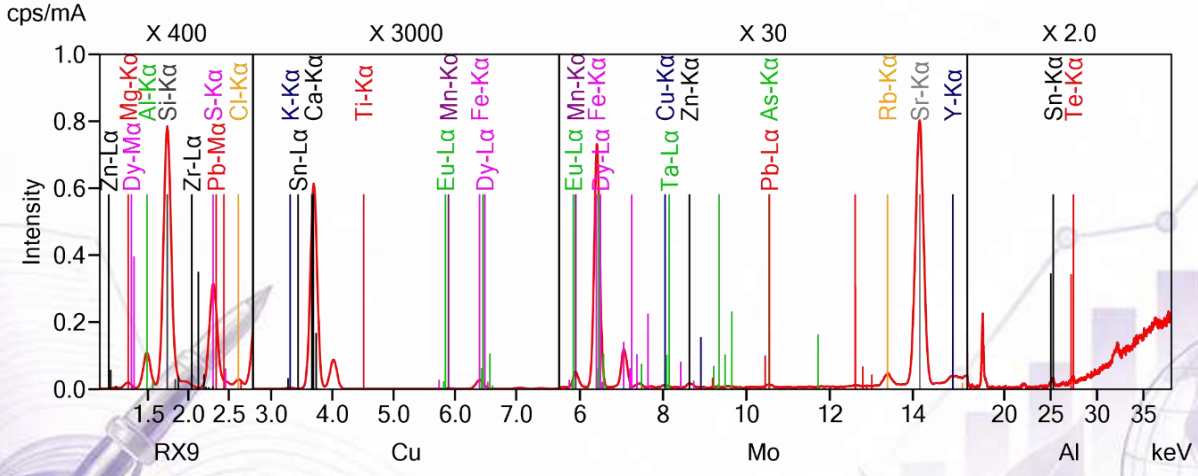
200–600 °C oralig‘ida massaviy yo‘qotish juda kam bo‘lib (≈0,3–0,6 %), bu bazalt tarkibida uchuvchan va termik jihatdan beqaror komponentlarning deyarli mavjud emasligini bildiradi. DTA egri chiziqlarida ushbu oraliqda aniq endotermik yoki ekzotermik effektlar kuzatilmagan.

700–900 °C harorat oralig‘ida DTA egri chiziqlarida yaqqol ekzotermik cho‘qqilar qayd etildi. Ushbu effektlar bazalt tarkibida mavjud bo‘lgan amorf va metastabil fazalarning qayta kristallanishi, shuningdek piroksen va plagioklaz tipidagi kristall fazalarning shakllanishi bilan bog‘liq. Bu jarayonlar materialning strukturaviy zichlashuviga va mexanik mustahkamlikning oshishiga xizmat qiladi.

900–1200 °C harorat oralig‘ida TGA egri chiziqlarida sezilarli massaviy yo‘qotishlar kuzatilmadi (umumiy yo‘qotish 2–3 % dan oshmadi), bu esa bazalt asosidagi materiallarning yuqori haroratlarda ham barqarorligini tasdiqlaydi. DTA natijalari bu bosqichda erish oldi strukturaviy qayta tashkil topish jarayonlari sodir bo‘lishini ko‘rsatadi.

Tayyor kislotabardosh materiallarida termik barqarorlik xomashyo bilan solishtirganda yanada yuqori bo‘lib, yuqori haroratlarda fazaviy parchalanish yoki keskin massaviy yo‘qotish kuzatilmadi. Bu holat ishlab chiqilgan texnologiya asosida olingan materiallarning sanoat sharoitida, jumladan yuqori harorat va agressiv kislotali muhitlarda uzoq muddat ekspluatatsiya qilish uchun yaroqli ekanini tasdiqlaydi.

Bazalt xomashyosining kimyoviy tarkibi rentgen-flyuorestsensiya (XRF) usuli yordamida aniqlanib, natijalar 3.3-rasmda aks ettirilgan. Spektrlar bazalt tarkibida Si, Al, Fe, Ca va Mg elementlari ustun ekanini ko‘rsatadi. Ishqoriy elementlarning nisbatan past ulushi bazaltning kislotali muhitlarda yuqori kimyoviy barqarorligini ta’minlaydi.



3-rasm. “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining XRF spektri

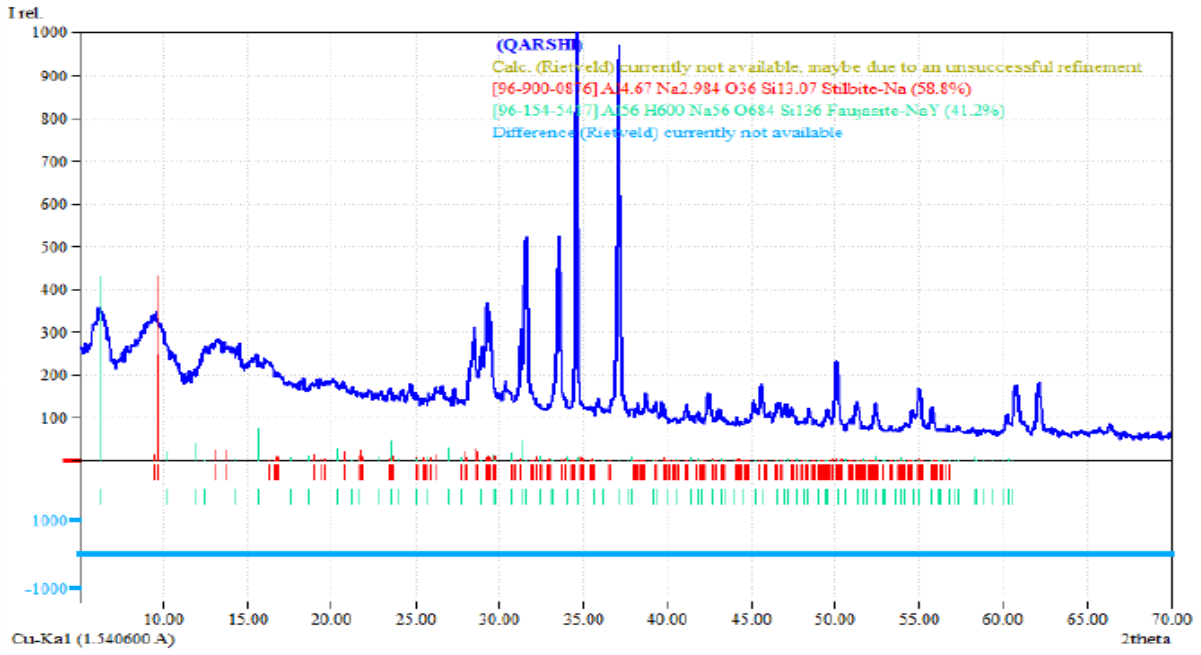
ISSN 3030-3907

Bazalt xomashyosining infraqizil spektrlari 400–4000 sm^{-1} diapazonda qayd etildi. FTIR spektrda 900–1100 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan kuchli yutilish polosalari Si–O–Si va Si–O–Al valent tebranishlariga mos keladi. Bu holat bazaltning asosiy strukturasi alyumosilikat skeletdan tashkil topganini ko‘rsatadi.

450–550 sm^{-1} oralig‘ida qayd etilgan yutilish polosalari Fe–O, Ca–O va Mg–O kabi metall–kislorod bog‘lariga xos bo‘lib, bazalt tarkibida piroksen va plagioklaz minerallari ustun ekanini tasdiqlaydi. 1400–1450 sm^{-1} atrofidagi kuchsiz yutilishlar karbonat qoldiqlariga, 3400–3600 sm^{-1} oralig‘idagi keng polosalar esa adsorbsiyalangan suv molekulalariga tegishli ekanligi aniqlandi.

FTIR natijalari bazalt xomashyosining kristall va kimyoviy jihatdan barqaror alyumosilikat strukturaga ega ekanini ko‘rsatadi, bu esa uning kislotali muhitlarda yuqori kimyoviy chidamliligini ta’minlovchi muhim omil hisoblanadi.

Bazalt xomashyosining fazaviy tarkibi rentgen difraksion (XRD) tahlil yordamida aniqlanib, 4-rasmda keltirilgan. Difraksion spektrlarga ko‘ra, bazalt tarkibida plagioklaz (labradorit–bytownit qatori) va piroksen (augit) fazalari ustun ekanligi aniqlandi. Bu fazalar kislotali muhitlarga nisbatan barqaror bo‘lib, materiallarining uzoq muddatli ekspluatatsiyasini ta’minlaydi.



4-rasm. “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining XRD difraktogrammasi

Rasmda “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining rentgen-difraktogrammasi keltirilgan bo‘lib, u Cu–Kα nurlanishi (λ = 1,5406 Å) yordamida 2θ = 5–70° oralig‘ida olingan. Difraktogrammada intensivligi yuqori bo‘lgan aniq va keskin difraksiya maksimumlarining mavjudligi bazalt xomashyosida kristall fazalarning ustun ekanini ko‘rsatadi.

Difraktogramma tahliliga ko‘ra, asosiy fazalar sifatida plagioklaz (asosan labrador–andesin qatori) va augit (piroksen guruhi) aniqlangan. 2θ ≈ 27–30°, 32–

ISSN 3030-3907

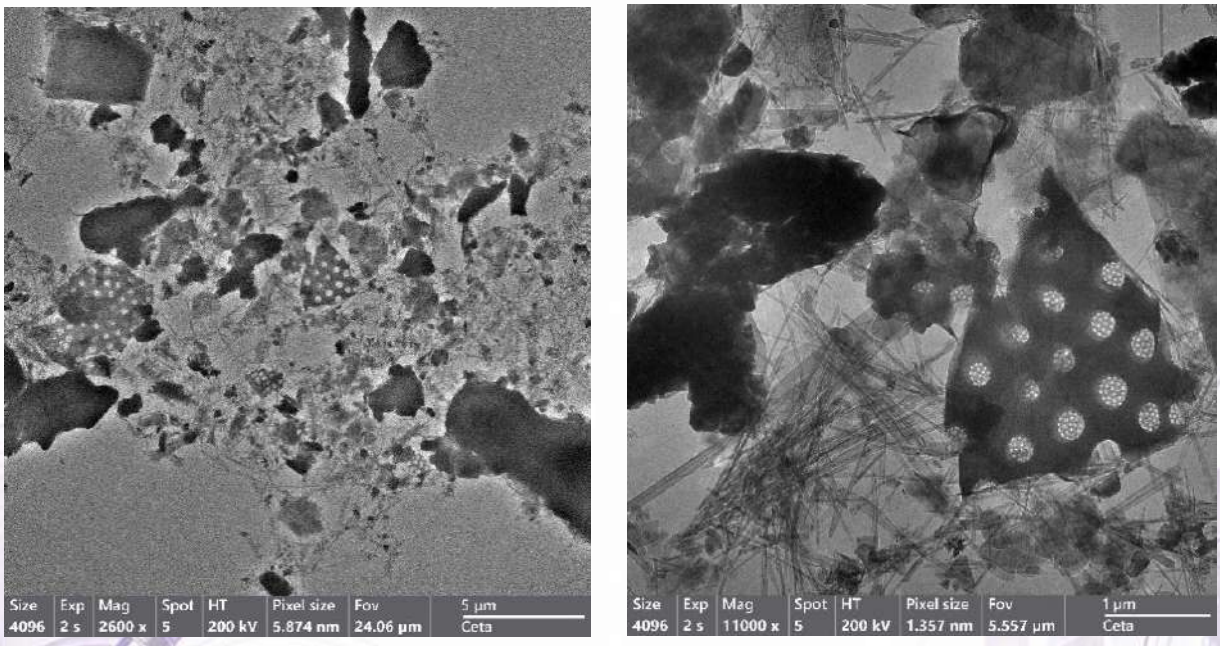
35° va 40–45° oralig‘ida kuzatilgan kuchli reflekslar plagioklaz minerallariga xos bo‘lib, ularning bazalt tarkibidagi asosiy strukturaviy komponent ekanini tasdiqlaydi. Bu holat bazaltning alyumosilikat tabiatga ega ekanini va kislotalarga nisbatan yuqori kimyoviy barqarorlikni ta’minlovchi omil sifatida baholanadi.

2θ ≈ 35–37° va 50–55° sohalarida qayd etilgan reflekslar esa augit fazasiga tegishli bo‘lib, bazalt tarkibida piroksenlarning sezilarli ulushi mavjudligini ko‘rsatadi. Augitning mavjudligi materialning mexanik mustahkamligi va aşinishga chidamliligini oshiruvchi muhim omil hisoblanadi.

Difraktogrammada keng, past intensivlikdagi fon signalining mavjudligi bazalt tarkibida qisman amorf shisha fazasi ham borligini ko‘rsatadi. Ushbu shisha faza eritish va keyingi sovitish jarayonlarida materiallarida zich, g‘ovaksiz va kompakt strukturaning shakllanishiga yordam beradi. Ayniqsa, eritilgan (fused cast) bazalt larini olish texnologiyasi uchun amorf komponentlarning mavjudligi muhim texnologik afzallik hisoblanadi.

Aniqlangan fazaviy tarkib “Osmonsoy-1” bazaltining yuqori termik barqarorlikka, kimyoviy inertlikka va kislotalar ta’siriga chidamlilikka ega ekanini ko‘rsatadi. Plagioklaz va augit fazalarining ustunligi, shuningdek, shisha fazaning mavjudligi bazalt xomashyosining kislotali muhitga bardoshli materiallarini olish uchun texnologik jihatdan yaroqli ekanini asoslaydi.

Shunday qilib, rentgen-fazaviy tahlil natijalari “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining fazaviy tarkibi materiallari ishlab chiqarish talablariga to‘liq javob berishini va uni sanoat miqyosida kislotabardosh bazalt larini olishda samarali xomashyo sifatida qo‘llash mumkinligini tasdiqlaydi.



5-rasm. “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining SEM tasviri

Skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) yordamida olingan tasvir “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining mikrostrukturaviy xususiyatlarini aniq

ISSN 3030-3907

namoyon etadi. Rasmda bazalt zarrachalarining notekis shaklli, burchakli va qisman plastinkasimon tuzilishga ega ekanligi kuzatiladi. Donalar orasida aniq chegaralarning mavjudligi xomashyoning mexanik maydalash natijasida hosil bo‘lganini ko‘rsatadi.

Mikrostrukturada zich joylashgan kristall fazalar bilan bir qatorda mayda o‘lchamli g‘ovaklar va mikrobo‘shliqlar ham aniqlanadi. Ushbu g‘ovaklar asosan donalararo chegaralarda joylashgan bo‘lib, ularning o‘lchami bir necha mikrometrdan oshmaydi. Bu holat bazalt xomashyosining keyingi eritish va fazaviy o‘zgarish jarayonlarida yuqori darajada zichlashish imkoniyatiga ega ekanini ko‘rsatadi.

Tasvirda ayrim yorqin va to‘q rangli fazalarning farqlanishi kuzatiladi. Yorqin fazalar og‘ir elementlarga boy minerallar (temir va kaltsiy saqlovchi fazalar), to‘q rangli qismlar esa alyumosilikat asosli matritsa bilan bog‘liq ekanligi bilan izohlanadi. Bunday fazaviy notekislik bazaltning tabiiy petrologik tarkibiga xos bo‘lib, eritilgan holatda shisha-keramika yoki materiallari olishda kristallanish jarayonlarini faollashtiradi.

SEM tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosi zich, kam g‘ovakli va strukturaviy jihatdan barqaror mikrostrukturaga ega. Bu esa uni kislotali muhitga bardoshli materiallari ishlab chiqarish uchun texnologik jihatdan yaroqli xomashyo sifatida baholash imkonini beradi. Ayniqsa, donalararo bog‘lanishlarning mustahkamligi va ochiq g‘ovaklikning past darajasi tayyor materiallarida yuqori kimyoviy barqarorlikni ta’minlovchi muhim omil hisoblanadi.

“Osmonsay-1” bazalt xomashyosining texnologik xususiyatlarini kompleks baholash natijasida uning kislotali muhitga bardoshli materiallari olish uchun yuqori darajada yaroqli xomashyo ekanligi ilmiy jihatdan asoslandi. O‘tkazilgan kimyoviy, fazaviy, termik va mikrostrukturaviy tahlillar bazaltning tarkibi va tuzilishi sanoat talablariga to‘liq javob berishini ko‘rsatdi.

Infraqizil (FTIR) spektroskopiya natijalari bazalt xomashyosining asosiy strukturasi barqaror alyumosilikat skeletdan tashkil topganini tasdiqladi. Si–O–Si va Si–O–Al bog‘lariga xos intensiv yutilish polosalarining mavjudligi, shuningdek metall–kislorod bog‘larining saqlanib qolishi bazaltning kislotali muhitlarda yuqori kimyoviy barqarorlik namoyon etishini ko‘rsatdi. Bu holat materiallarining agressiv muhitlarda uzoq muddat ishlash imkoniyatini belgilovchi muhim omil hisoblanadi.

Differensial-termik va termogravimetrik tahlil (DTA–TGA) natijalari “Osmonsoy-1” bazaltining yuqori termik barqarorlikka ega ekanini ko‘rsatdi. 800 °C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida massaviy yo‘qotishning juda past bo‘lishi bazalt tarkibida uchuvchan va termik jihatdan beqaror komponentlarning deyarli

ISSN 3030-3907

yo‘qligini tasdiqlaydi. 700–900 °C oralig‘ida qayd etilgan ekzotermik effektlar esa kristall fazalarning qayta tashkil topishi va strukturaviy zichlashuv jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lib, bu materiallarining mexanik mustahkamligi va aşinishga chidamliligini oshiradi.

Rentgen-flyuorestsensiya (XRF) tahlillari bazalt tarkibida kremniy, alyuminiy, temir, kaltsiy va magniy oksidlarining ustun ekanini ko‘rsatdi. Ishqoriy oksidlar ulushining nisbatan past bo‘lishi bazaltning kislotalarga nisbatan inertligini oshirib, kislotabardosh materiallari olish uchun qulay kimyoviy tarkibga ega ekanini tasdiqlaydi.

Rentgen-difraksion (XRD) tahlil natijalariga ko‘ra, bazalt xomashyosida plagioklaz va augit fazalarining ustunligi aniqlanib, ularning kislotali muhitlarga nisbatan yuqori barqarorligi asoslab berildi. Qisman amorf shisha fazaning mavjudligi esa eritilgan bazalt asosidagi materiallarida zich va g‘ovaksiz struktura hosil bo‘lishiga texnologik jihatdan ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

Skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) tahlillari bazalt xomashyosining zich, kam g‘ovakli va strukturaviy jihatdan barqaror mikrostrukturaga ega ekanini ko‘rsatdi. Donalararo bog‘lanishlarning mustahkamligi va ochiq g‘ovaklikning past darajasi tayyor materiallarida kislotali muhitlarda diffuziya jarayonlarining cheklanishini ta’minlaydi.

Umuman olganda, o‘tkazilgan kompleks tadqiqotlar natijalari “Osmonsoy-1” bazalt xomashyosining kislotali muhitga bardoshli materiallarini olish texnologiyasini ishlab chiqish uchun ilmiy va texnologik jihatdan to‘liq yaroqli ekanini ko‘rsatdi. Aniqlangan kimyoviy tarkib, fazaviy barqarorlik, yuqori termik chidamlilik va qulay mikrostrukturaviy xususiyatlar bazalt asosidagi materiallarini sanoat miqyosida qo‘llash imkoniyatini asoslab beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Davidovits J. *Geopolymer Chemistry and Applications*. – Paris: Institut Géopolymère, 2015. – 611 p.
2. Singh M., Rogers D. Acid resistant aluminosilicate ceramic composites // *Ceramics International*. – 2021. – Vol. 47, № 1. – P. 658–670.
3. Provis J.L., van Deventer J.S.J. *Alkali Activated Materials: State-of-the-Art Report*. – Springer, 2014. – 388 p.
4. Wang S., Scrivener K. Hydration products of alkali activated slag cement // *Cement and Concrete Research*. – 1995. – Vol. 25, № 3. – P. 561–571.
5. Bernal S.A., Provis J.L. Durability of alkali-activated materials: Progress and perspectives // *Journal of the American Ceramic Society*. – 2014. – Vol. 97, № 4. – P. 997–1008.

ISSN 3030-3907

6. Yılmaz S., Karaşahin M. Investigation of basalt based ceramic materials resistant to acidic environments // *Construction and Building Materials*. – 2020. – Vol. 248. – P. 118–126.
7. Krivenko P., Petropavlovsky O. Acid-resistant alkali activated composites based on aluminosilicate systems // *Materials Science Forum*. – 2019. – Vol. 968. – P. 152–158.
8. Chakhmouradian A.R., Mitchell R.H. Basaltic rocks and their industrial applications // *Mineralogical Magazine*. – 2018. – Vol. 82. – P. 721–735.
9. Duxson P., Fernández-Jiménez A., Provis J.L., Lukey G.C., Palomo A., van Deventer J.S.J. Geopolymer technology: the current state of the art // *Journal of Materials Science*. – 2007. – Vol. 42. – P. 2917–2933.
10. Komnitsas K., Zaharaki D. Geopolymerisation: A review and prospects for the minerals industry // *Minerals Engineering*. – 2007. – Vol. 20. – P. 1261–1277.
11. Xu H., van Deventer J.S.J. The geopolymerisation of alumino-silicate minerals // *International Journal of Mineral Processing*. – 2000. – Vol. 59. – P. 247–266.
12. Fernández-Jiménez A., Palomo A. Mid-infrared spectroscopic studies of alkali-activated fly ash structure // *Microporous and Mesoporous Materials*. – 2005. – Vol. 86. – P. 207–214.
13. Heah C.Y., Kamarudin H., Al Bakri A.M.M., Bnhussain M., Luqman M., Khairul Nizar I., Ruzaidi C.M., Liew Y.M. Study on solids-to-liquid and alkaline activator ratios on kaolin-based geopolymers // *Construction and Building Materials*. – 2012. – Vol. 35. – P. 912–922.
14. Zharikov E.V., Shapovalov N.A. Acid-resistant basalt materials for chemical industry applications // *Glass and Ceramics*. – 2016. – Vol. 73, № 5–6. – P. 189–194.
15. Pavlov V.F., Krenev V.A. Basalt ceramics with high chemical resistance // *Refractories and Industrial Ceramics*. – 2017. – Vol. 58, № 4. – P. 404–410.

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОРЕАКЦИОННОЙ ХЛОПКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Р.С. Сайфутдинов
Ташкентский химико-технологический институт
У.Д. Мухитдинов
Ташкентский химико-технологический институт
E-mail: u.mukhitdinov@tkti.uz
А.Б. Нигматов
Ташкентский химико-технологический институт

Аннотация. Реакционная способность хлопковой целлюлозы при химической переработке значительно ниже по сравнению с целлюлозами полученных из других целлюлозосодержащих растений. Повышение реакционной способности хлопковой целлюлозы к химической переработке улучшает качество получаемых продуктов, а также увеличивается производительность труда. Замена древесной целлюлозы завозимой из зарубежных стран на отечественную хлопковою целлюлозу, путем повышения реакционной способности хлопковой целлюлозы к химической переработке, улучшение качества продуктов и увеличение скорости реакции. В настоящей работе использованы методы определения состава и строения образцов хлопковой целлюлозы. Изучена реакционная способность полученных образцов к ацетилированию после обработки электрическими зарядами. Повышение реакционной способности оценивали снижением кристаллических участков на основе дифрактограмм, которые снимали на аппарате XRD-6100 (Shimadzu, Japan), управляемом компьютером. Предложен способ повышения реакционной способности хлопковой целлюлозы путём обработки её электрическими зарядами высокого напряжения. Найдены оптимальные пределы напряжения 11-13 кВ, количество импульсов 22-24, емкость конденсатора 0,6 мкФ, при которых достигнуты максимальные значения реакционной активности хлопковой целлюлозы.

Ключевые слова: Хлопковая целлюлоза, электрический заряд, электролит, реакционная способность, число импульса, напряжение, конденсатор.

Annotatsiya. Kimyoviy qayta ishlashda paxta tsellyulozasining reaksiyaga kirishish qobiliyati boshqa tsellyuloza saqlovchi o‘simliklardan olingan tsellyulozalarga nisbatan ancha past. Paxta tsellyulozasining kimyoviy qayta ishlashga reaktivligini oshirish olingan mahsulotlar sifatini yaxshilaydi, shuningdek, mehnat unumdorligi oshadi. Xorijiy davlatlardan keltiriladigan yog‘och sellyulozasini mahalliy paxta sellyulozasiga almashtirish, paxta

ISSN 3030-3907

sellyulozasining kimyoviy qayta ishlashga reaktivligini oshirish, mahsulotlar sifatini yaxshilash va reaksiya tezligini oshirish. Ushbu ishda paxta sellyulozasi namunalarining tarkibi va tuzilishini aniqlash usullari qo‘llanilgan. Olingan namunalarning elektr zaryadlari bilan ishlov berilgandan so‘ng asetillanish reaksiyaga kirishish qobiliyati o‘rganildi. Reaksion qobiliyatning oshishi kompyuter tomonidan boshqariladigan XRD-6100 (Shimadzu, Yaponiya) apparatida olingan difraksiogrammalar asosida kristall uchastkalarning kamayishi bilan baholandi. Paxta tsellyulozasining reaksiyaga kirishuvchanligini uni yuqori kuchlanishli elektr zaryadlari bilan ishlov berish orqali oshirish usuli taklif etildi. 11-13 kV kuchlanishning optimal chegaralari, 22-24 ta impuls soni, 0,6 mF kondensator sig‘imi topildi, bunda paxta tsellyulozasining reaksion faolligi maksimal qiymatlarga yetdi.

Kalit so‘zlar: Paxta tsellyulozasi, elektr zaryadi, elektrolit, reaksiyaga kirishish qobiliyati, impuls soni, kuchlanish, kondensator.

Annotation. The reactivity of cotton pulp during chemical processing is significantly lower compared to celluloses obtained from other cellulose-containing plants. Increasing the reactivity of cotton pulp to chemical processing improves the quality of the products produced, as well as increases labor productivity. Replacing wood pulp imported from foreign countries with domestic cotton pulp by increasing the reactivity of cotton pulp to chemical processing, improving product quality and increasing the reaction rate. In this work, methods for determining the composition and structure of cotton pulp samples were used. The reactivity of the obtained samples to acetylation after treatment with electric charges has been studied. The increase in reactivity was assessed by reducing the crystalline regions based on diffractograms taken on a computer-controlled XRD-6100 apparatus (Shimadzu, Japan). A method is proposed to increase the reactivity of cotton pulp by treating it with high-voltage electric charges. The optimal voltage limits of 11-13 kV, the number of pulses 22-24, and the capacitor capacity 0.6 UF were found, at which the maximum values of the reactivity of cotton pulp were achieved.

Keywords: Cotton pulp, electric charge, electrolyte, reactivity, pulse number, voltage, capacitor.

ВВЕДЕНИЕ.

Хлопковое волокно по своей природе имеет извитость, поэтому, они в сухом и мокром состояниях быстро собираются в комочки и узелки, образуя жгутики и верёвки, а также обволакиваются сорными примесями и делаются труднодоступными к очистке.

Из-за выше указанной специфики хлопковое волокно требуется дополнительная механической обработки - рубки или измельчения. Для

ISSN 3030-3907

измельчения волокон в основном применяются роллы, конические и дисковые мельницы [1-3].

В ряде работ [4-8] приводятся описания различных способов очистки линта, варки и т.д. с целью получения однородно чистой хлопковой целлюлозы, предназначенной в основном для химической переработки и получения ацетатов, нитратов и других эфиров целлюлозы.

Реакционная способность хлопковой целлюлозы при химической переработке значительно ниже, чем у других видов целлюлозы, поскольку ее структура состоит из кристаллических и аморфных участков. Химические реагенты легко реагируют с функциональными группами в аморфном участке, однако эти реагенты трудно проникают в кристаллические участки. В результате часть целлюлозы вступает в химические реакции, а другая не вступает. Это приводит к остановке технологической линии из-за затруднения в проходе через фильтр полученного продукта (эфиры целлюлозы).

Изучение научно-технической литературы в области повышения реакционной способности хлопковой целлюлозы позволило выявить ряд работ, направленных на решение этой проблемы. К примеру, предложен метод, суть которого заключается в следующем: набухшую в воде целлюлозу замораживают при температуре -15-20°C с последующим размораживанием, что в итоге приводит к уменьшению кристаллических участков в структуре [9]. Путем обработки хлопковой целлюлозы азот содержащими веществами [8,10-14], а также путем частичной этерификации хлопковой целлюлозы достигнуто некоторое увеличение расстояния между макромолекулами целлюлозы [16].

Однако внедрение в производство этих работ до настоящего времени не были из-за усложнения технологии, потребностью в дополнительных затратах на химикаты, воду и др.

Целью данной работы является повышение реакционной способности хлопковой целлюлозы к химической переработке, улучшение качества продуктов и увеличение скорости реакции.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. В работе использовались физико-химические методы определения показателей качества получаемой при различных условиях хлопковой целлюлозы.

Характеристики ацетилирования хлопковой целлюлозы определяли методом предложенном французской фирмой Спейшен, которое определяется путем произведение вязкости на фильтруемость и деленное на 1000.

ISSN 3030-3907

Полученные образцы целлюлозы перерабатывались на триацетаты, где изучалась кинетика ацетелирования.

Изучение изменения кристаллических и аморфных участков хлопковой целлюлозы после обработки электрическими зарядами осуществляли путем идентификации образцов на основе дифрактограмм, которые снимали на аппарате XRD-6100 (Shimadzu, Japan), управляемом компьютером.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Для решения вышеуказанных недостатков хлопковой целлюлозы предложено обрабатывать хлопковую целлюлозу электрическим зарядом.

Прохождение определённого напряжения электрического заряда через хлопковой волокно оказывает изменение её структуры.

Нами были изучены перенос электрических зарядов на хлопковую целлюлозу двумя способами:

а) перенос электрического заряда на увлажненную дистиллированной водой хлопковую целлюлозу;

б) перенос электрического заряда через хлопковую целлюлозу увлажненную электролитом.

При этом основными параметрами электроимпульсной обработки являются напряжение разряда (U), количество импульсов (n), емкости конденсаторов (C).

Эксперименты повторяли неоднократно, чтобы найти оптимальные значения основных параметров электроимпульсной обработки, таких как напряжение разряда (U), количество импульсов (n), емкости конденсаторов (C). В ходе экспериментов значение одного параметра изменялось, когда остальные 2 параметра оставались неизменными.

В результате проведенных исследований выявлено, что увеличение напряжения приводит к резкому повышению склонности хлопковой целлюлозы к химическим реакциям. Этот эффект свидетельствует об интенсивном снижении кристаллических участков хлопковой целлюлозы.

Опытным путем установлено, что при дальнейшем повышении оптимальных значений напряжения, электрические заряды начинают протекать не через внутренние части целлюлозы, а через поверхность клубка хлопковой целлюлозы, при этом склонность хлопковой целлюлозы к химической реакции не изменяется и получается неравномерно обработанный продукт.

Опытным путем найдено оптимальное напряжение 11–13 кВ, при котором были достигнуты максимальные значения реакционной активности хлопковой целлюлозы (рис.1).

ISSN 3030-3907

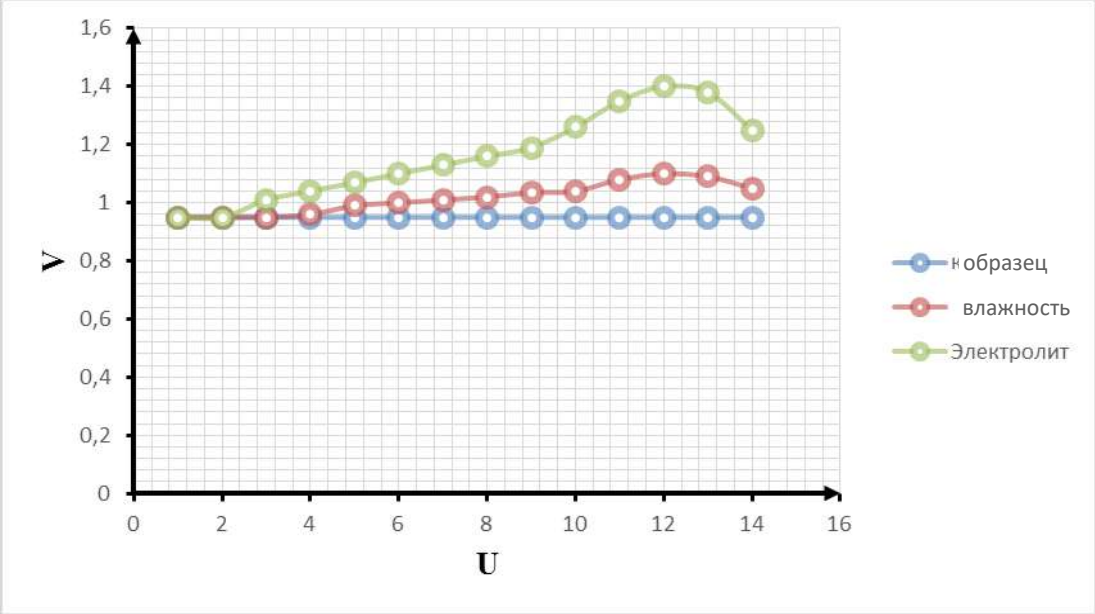


Рис. 1. Зависимость реакционной способности хлопковой целлюлозы от напряжения

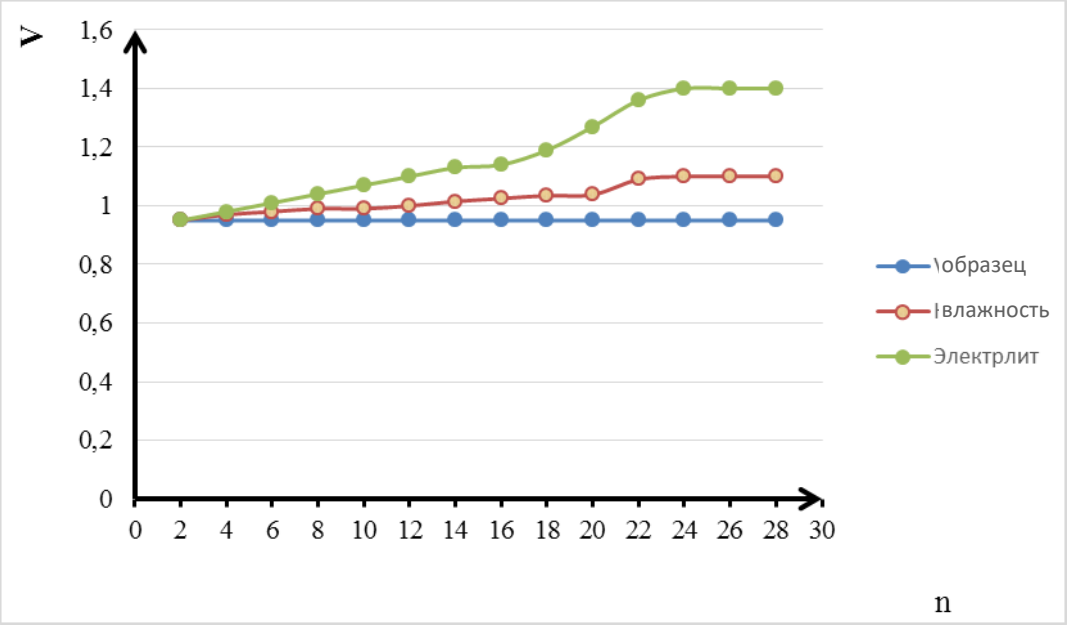


Рис. 2. Зависимость повышения реакционной способности хлопковой целлюлозы от числа импульсов

На рис. 2 представлена зависимость повышения реакционной способности хлопковой целлюлозы от числа пропущенных электрических зарядов, импульсов.

Как следует из приведенных данных, при напряжении 12 кВ в начале реакционная способность хлопковой целлюлозы плавно повышается от 6-8 до 22-24 импульсов, достигая максимального значения, затем она переходит постоянную.

Таким образом, в результате проведенных опытов выявлено оптимальное значение импульса - 22-24.

ISSN 3030-3907

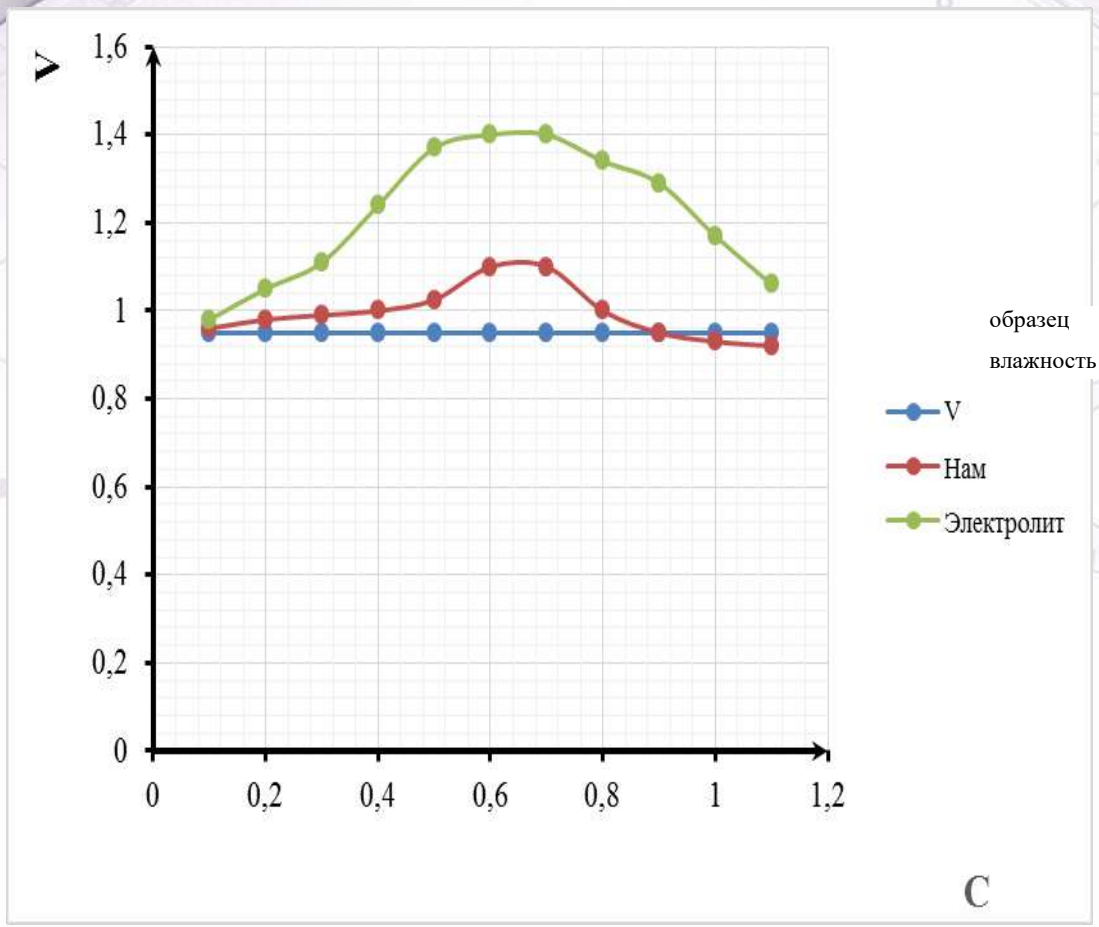


Рис. 3.Влияние емкости конденсатора на реакционную способность хлопковой целлюлозы

В дальнейших исследованиях напряжение разряда и число импульсов принимались постоянными, а емкость конденсатора увеличивали от 0,1 мкФ (микрофарад).

Когда емкость конденсатора равнялась 0,6 мкФ, реакционная способность хлопковой целлюлозы достигала максимального значения.

При меньших значениях емкости конденсатора, реакционная способность хлопковой целлюлозы достигала минимальных значений, при этом разрушения целлюлозной структуры от электрического заряда не замечено.

В случае, когда увеличивали емкость конденсатора больше, чем оптимально найденное значение, разряд также проходил через поверхность клубка хлопковой целлюлозы, при этом образовавшийся взрывной разряд приводил к ожогу хлопковой целлюлозы.

На основании результатов экспериментов были определены следующие оптимальные режимы и параметры для обеспечения максимальной скорости реакции хлопковой целлюлозы:

Напряжение разряда (U): 11-13 кВ

Количество импульсов (n): 22-24

ISSN 3030-3907

Емкость конденсатора (С): 0,6 мкФ.

Энергия одиночного импульса составляет:

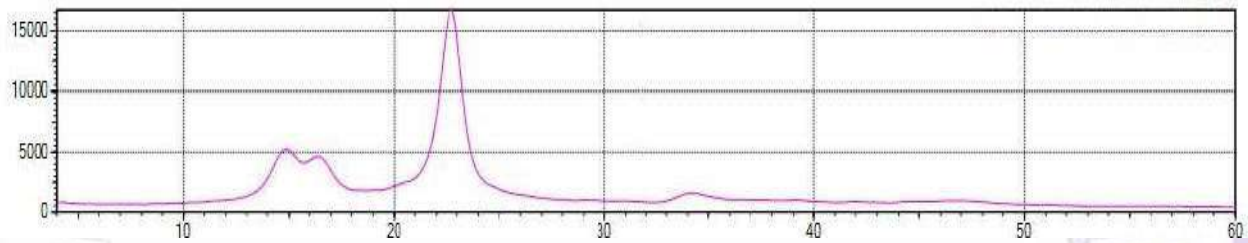
$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{0{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot (12 \cdot 10^3)^2}{2} = 43{,}2 \text{ Дж}.$$

С целью выяснения достоверности полученных результатов, дальнейшие исследования были направлены на изучение структурных изменений путем рентгенофазового анализа.

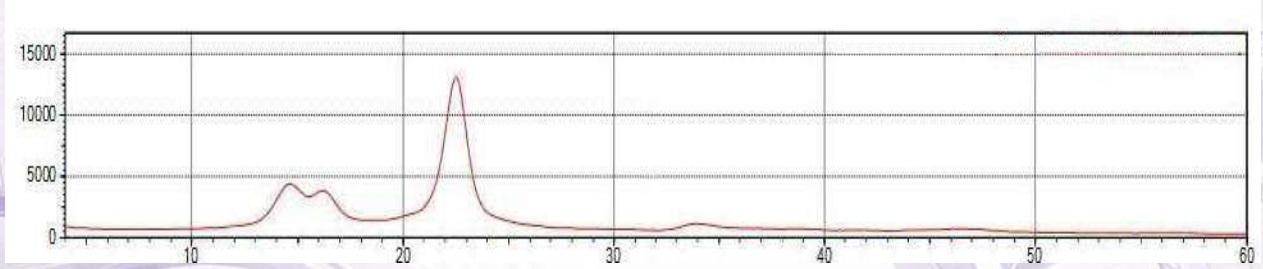
По данным рентгенофазового анализа (Рис. 4) имеется возможность оценить степень кристалличности полученных образцов по сравнению с эталонной и исходной микрокристаллической целлюлозой (образцы 1-3).

Появление в рентгенограмме образца 3 пиков дигидрататринатрий карбоната (гидрокарбоната) в виде отдельных кристаллических пиков с достаточной для вычисления интенсивностью позволяет заключить, что в образце присутствует некоторое количество примеси гидрокарбоната. Учитывая чувствительность метода рентгенофазового анализа и проведя количественный анализ дифрактограммы образца 3, было найдено в образце 3 наличие 4.79% гидрокарбоната. При этом для образца 3 наблюдается аномальное снижение индекса кристалличности, несмотря на то, что наличие 5% примеси, приводит к появлению дополнительных пиков кристаллической природы.

Применение метода ритвелда для анализа дифрактограммы образца 2, используя метод наименьших квадратов для уточнения и приближения теоретической линии всего профиля дифрактограммы к её экспериментальному профилю, позволяет проанализировать кристаллическую структуру и получить надежные результаты при перекрывании отражений от кристаллических фаз микрокристаллической целлюлозы и гидрокарбоната.

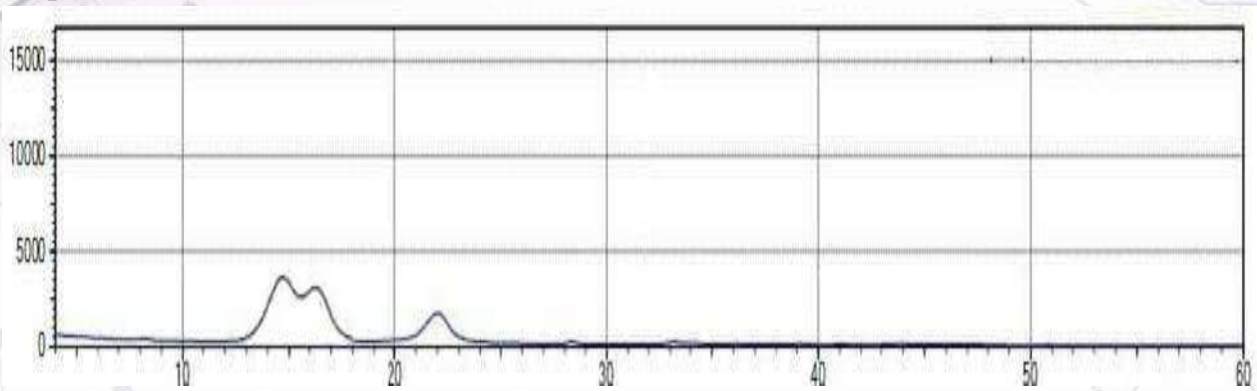


Образец 1



ISSN 3030-3907

Образец 2



Образец 3

Рис. 4. Структуры хлопковой целлюлозы по данным рентген анализа. Образец 1. Контрольная хлопковая целлюлоза. Образец 2. Влажная хлопковая целлюлоза. Образец 3. Хлопковая целлюлоза, увлажненная в электролите.

Идентификацию образцов проводили на основе дифрактограмм, которые снимали на аппарате XRD-6100 (Shimadzu, Japan), управляемом компьютером. Применяли CuK_{α}-излучение (β-фильтр, Ni, 1.54178 режим тока и напряжения трубки 30 mA, 30 kV) и постоянную скорость вращения детектора 4 град/мин с шагом 0,02 град. (ω/2θ-сцепление), а угол сканирования изменялся от 4 до 80º.

В дальнейших исследованиях была изучена перерабатываемость хлопковой целлюлозы обработанной электрическим зарядом на триацетат целлюлозу.

В табл.1 представлены физико-химические характеристики сиропов триацетатов целлюлозы полученных на основе образца 3.

Таблица 1

Физико-химические характеристики сиропов ТАЦ

№	Образцы хлопковой целлюлозы	Характеристики			
		Прозрачность, %	Фильтруемость, $см^3$/70 мин	Вязкость, ПаС	ПК
1	Контрольная целлюлоза	52,3	295	31,1	9,2
2	Влажная хлопковая целлюлоза	70,2	334	35,3	11,8
3	Хлопковая целлюлоза, увлажненная в	77,3	535	27,5	14,9

ISSN 3030-3907

	электролите				

Как следует из табл.1, наивысший показатель качества (ПК) наблюдался у хлопковой целлюлозы, увлажненной электролитом (Образец 3.) и обработанной электрическим зарядом. Относительно низкие показатели качества в случае целлюлозы увлажненной чистой водой (Образец 2.)

Далее, с целью изучения физико-механических свойств из полученных сиропов триацетат целлюлозы отливали пленки. Для этого готовили 5%-ный раствор эфира в смеси метилен хлорид-метанол 9:1. Полученный раствор выливали на стеклянную поверхность. После испарения растворителя на стеклянной поверхности образовывалась пленка эфира. Толщина пленки колебалась около 0,11 мм. После сушки и снятия внутренних напряжений из пленок вырезались образцы и подвергались анализу.

В табл.2 представлены физико-химические свойства пленок полученных триацетатов целлюлозы.

Как следует из табл.2, наиболее повышенной эластичностью и прочностью обладают пленки триацетата целлюлозы, полученные на основе целлюлозы из опыта 3. По-видимому, это объясняется наиболее низким содержанием кристаллических участков в структуре по сравнению с исходной целлюлозой.

Таблица 2

Физико-химические свойства пленок триацетатов целлюлозы

ПК сиропа	Разрывная прочность, кгс/см^2	Разрывное удлинение, %	Число двойных изгибов, цикл.
9,2	693	25,6	115
11,8	755	27,7	161
14,9	839	36,1	275

Далее полученные ацетатные сиропы перерабатывались на волокна. Перед подачей на формование волокна, сироп подвергался трехкратной фильтрации. Для формования волокна применялись фильтры с диаметром отверстий 70 микрон. В качестве остудительной ванны использовались водные растворы уксусной кислоты. Волокна принимались на отжимные вальцы и подвергались пластификационной вытяжке.

В табл.3 приведены физико-химические показатели полученных волокон.

Таблица 3

Физико-химические свойства ацетатных волокон

	Физико-химические показатели

ISSN 3030-3907

ПК сиропа	Прочность, р.км.	Разрывное удлинение, %	Число двойных изгибов
9,2	13,8	25,6	2880
11,8	15,3	27,7	3060
14,9	16,5	31,1	3450

Из табл.3 следует, что ацетатное волокно, полученное на основе целлюлозы опыта 3. имело сравнительно высокие физико-механические свойства.

Таким образом, как следует из вышеизложенного материала, наивысший показатель качества ацетатных пленок и волокон наблюдался триацетат целлюлозы, полученной на основе хлопковой целлюлозы увлажненной электролитом и обработанной электрическим зарядом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Предложен способ повышения реакционной способности хлопковой целлюлозы, для улучшения качества получаемых на её основе продуктов и увеличения производительности труда, путем увлажнения её электролитом и обработки электрическим зарядом. Определена зависимость реакционной способности целлюлозы от напряжения, числа импульсов и ёмкости конденсатора, оптимальные параметры которых составляют 11-13 кВ, 22-24 и 0,6 мкФ соответственно. По результатам исследований наивысший показатель качества ацетатных пленок и волокон наблюдался у триацетат целлюлозы, полученной на основе хлопковой целлюлозы увлажненной электролитом и обработанной электрическим зарядом в оптимальном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болдина В.А., Зарипова А.М. Влияние измельчения линта на качество хлопковой целлюлозы и ее реакционную способность. - В кн.: Химия и технология целлюлозы и волокно, вып. N 6,1973, Ташкент, изд. "Фан", С.145-148.

2. Миркамилов Т.М. Исследование влияния условий химической очистки циклонного пуха и короткоштапельного линта на химический состав полученной целлюлозы и ее пригодность для переработки на ацетилцеллюлозу и высококачественную бумагу. Автореф.дис.канд.тех.наук. Ленинград, 1966, С.26.

3. Зарипова А.М., Головникова М.В., Тишабоев У., Игамбердиев И.И., Усманов Х.У. Возможность использования засоренных сортов линта для получения высококачественной хлопковой целлюлозы. В кн.: Структура и

ISSN 3030-3907

модификация хлопковой целлюлозы. Вып. 3, изд."Фан", УзССР, Ташкент, 1966, С.11-15.
4. Аким Л.Е., Миркамилов Т.М., Усманов Х.У. Получение высококачественной хлопковой целлюлозы из циклонного пуха для переработки ее на ацетилцеллюлозу и бумагу. - В кн.: Структура и модификация хлопковой целлюлозы. Ташкент, 1966, изд. "Фан", С.32-37.
5. Тишабоев У. Влияние технологического режима получения целлюлозы из хлопкового линта на ее химический состав и реакционную способность к выскозообразованию. Автореф. дисс.канд.тех. наук. Ташкент, 1970, С.22.
6. Ерохин Н.Г. Разработка технологии получения высокооблагороженной хлопковой целлюлозы для производства ацетатов целлюлозы. В кн.: Химия и технология производных целлюлозы. ВНИИСС, г. Владимир, 1964, С.141.
7. Зарипова А.М., Пловникова М.В., Тишабаев У., Игамбердиев И.И., Усманов Х.У. Возможность использования засоренных сортов линта для получения высококачественной хлопковой целлюлозы. В кн. Структура и модификация хлопковой целлюлозы. Вып. 3, изд."Фан", УзССР, Ташкент, 1966, С.11-15.
8. Сайфутдинов Р.С. Разработка химической технологии использования отходов хлопководства для производтва древесно-стружечных плит и целлюлозы. Автореф.дис.докт.тех.наук. Ташкент, 1998, С.49.
9. Примкулов М.Т., Исмоилов С.Н., Умарова В.К. // Буғдой сомони, шоли ва ғўза пояларидан целлюлоза олиш ва уларнинг структурасини сувда бўкиши усули орқали ўрганиш. // Композицион материаллар. 2015г. №1. Тошкент. – 62-64 бетлар.
10. Никитин Н.И., Кленкова Н.И. Влияние слабого алкилирования на свойства целлюлозного волокна. Журнал прикладной химии, 24, 296, 1951.
11. Кленкова Н.И., Кулакова Н.А. Действие первичных аминов жирного ряда на структуру и реакционную способность хлопковых целлюлозных волокон. Журнал прикладной химии. 38, 4, 1965, С.919.
12. А.С.573524 СССР Способ получения хлопковой целлюлозы. Миркамилов Т.М., Тураев Э., Джалилов А.Т., Аскаров М.А./- Опубл.в БИ N 35, 1977.
13. А.С.604888 СССР Способ получения хлопковой целлюлозы. Миркамилов Т.М., Тураев Э., Джалилов А.Т., Аскаров М.А./-Опубл.в БИ N 16, 1978.
14. Бозоров О.Н. Технология переработки низкосортного линта для получения эфиров целлюлозы. Автореф. дисс. кандидата технических наук. – Ташкент, 2005, С.22.

ISSN 3030-3907

15. Аким Э.Л., Миркомилов Т.М., Аким Л.Е., Усманов Х.У. Влияние частичного оксиэтилирования на скорость ацетилирования хлопковой целлюлозы, полученной из циклонного пуха и короткоштапельного линта. В кн. Труды Ленинградского института ЦБП. вып. 23, М., 1970, изд. Лесная промышленность, С.59-62.

ISSN 3030-3907

ENDOMETRIOZ VA BEPUSHTLIKKA EGA BO‘LGAN AYOLLARNING PSIXOEMOTSIONAL HOLATIGA KLINIK VA LABORATORIA XUSUSIYATLARINING TA'SIRI

Rayimjanova Kamilla Farxodovna
Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti 3-son Akusherlik va ginekologiya kafedrasi stajyor assistenti
Samarqand shahar, O`zbekiston.

Annotatsiya. JSST nizomiga ko‘ra, sog‘liq - bu to‘liq jismoniy, ruhiy va ijtimoiy farovonlik holati bo‘lib, nafaqat kasallik yoki jismoniy nuqsonlarning yo‘qligi [1]. Shu munosabat bilan, bemorlarga ularning psixoemotsional holatini hisobga oladigan yordam ko‘rsatishga yondashuvlar ayniqsa muhimdir. Insonning hissiy sohasi turli xil his-tuyg‘ularni (his-tuyg‘ular, ta'sirlar, kayfiyat, stress, ehtiroslar) boshdan kechirish shakllaridan iborat [2]. Patologik holatlarda psixoemotsional fon muhim rol o‘ynaydi [3]. Psixoemotsional holatni tavsiflovchi xususiyatlardan biri bu xavfga hissiy munosabat bilan bog‘liq xavotirdir. Har bir insonning o‘ziga xos optimal yoki orzu qilingan xavotir darajasi mavjud - bu foydali xavotir deb ataladi. Xavotir shaxsiy xususiyat sifatida (shaxsiy xavotir) va holat sifatida - reaktiv xavotir o‘rtasida farqlanadi [4]. Reaktiv va shaxsiy xavotirdagi buzilishlar, shuningdek, depressiya bir qator ginekologik kasalliklarda kuzatiladi [3]. Endometrioz ayollarning 12–60% ga ta'sir qiladi [5]. Ba'zi ma'lumotlarga ko‘ra, endometriozli ayollarning 50% gacha bepushtlikdan aziyat chekadi [6]. Bepusht nikoh ko‘pchilik ayollar uchun psixologik va ijtimoiy noqulaylik tug‘diradi. Endometrioz klinik jihatdan bepushtlik [7], hayz ko‘rish va jinsiy aloqa paytida og‘riq va hayz ko‘rishning buzilishi [8, 9] sifatida namoyon bo‘ladi. Tekshiruv va davolash jarayonlarining murakkabligi, kayfiyat o‘zgarishi va hissiy buzilishlarni keltirib chiqaradigan gormonal terapiya zarurati bu bemorlarning psixoemotsional holatiga ta'sir qilishi mumkin [10, 11]. Endometrioz tufayli bepushtlik bilan og‘rigan ayollarning psixoemotsional holatini yoki endometriozdagi klinik va laboratoriya parametrlarining xavotir darajasi va depressiyaga ta'sirini o‘rganadigan adabiyotlarda deyarli hech qanday tadqiqotlar mavjud emas. Ushbu sohadagi tadqiqotlar endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan bemorlarni bepushtlikni yengishga tayyorlashni optimallashtirishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: endometrioz; bepushtlik; AMH; psixoemotsional holat.

Аннотация. Согласно уставу ВОЗ здоровье — это состояние полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов [1]. В этой связи особое значение приобретают подходы ведения пациентов с учетом их психоэмоционального статуса. Из различных форм переживания чувств (эмоции, аффекты, настроения, стрессы, страсти) складывается эмоциональная сфера человека

ISSN 3030-3907

[2]. При патологических состояниях психоэмоциональный фон играет немаловажную роль [3]. Одной из особенностей, характеризующих психоэмоциональный статус, является тревожность, связанная с эмоциональной реакцией на опасность. У каждого человека существует свой оптимальный или желательный уровень тревожности — это так называемая полезная тревожность. Различают тревожность как личностное свойство (личностная тревожность) и как состояние — реактивная тревожность [4]. Нарушения реактивной и личностной тревожности, депрессия отмечаются при ряде гинекологических заболеваний [3]. Эндометриоз встречается у 12–60 % женщин [5]. По некоторым данным, до 50 % женщин с эндометриозом страдают бесплодием [6]. Бесплодный брак создает для большинства женщин психологический и социальный дискомфорт. Эндометриоз клинически проявляется бесплодием [7], болями во время менструаций и во время полового акта, нарушением менструального цикла [8, 9]. Трудоемкость процессов обследования и лечения, необходимость применения гормональной терапии, вызывающей перепады настроения, эмоциональные расстройства, могут сказываться на психоэмоциональном состоянии этих пациенток [10, 11].В литературе практически отсутствуют работы по изучению психоэмоционального статуса у женщин с бесплодием, обусловленным эндометриозом, и влияния клинико-лабораторных показателей при эндометриозе на уровень тревожности и проявления депрессии. Исследования в данном направлении позволят оптимизировать подготовку пациенток с эндометриозом и бесплодием к преодолению бесплодия.

Ключевые слова: эндометриоз; бесплодие; АМГ; психоэмоциональный статус.

Annotation. According to the WHO charter, health is a state of complete physical, mental, and social well-being, and not merely the absence of disease or physical defects [1]. In this regard, approaches to patient care that take into account their psychoemotional status are particularly important. The human emotional sphere is made up of various forms of experiencing feelings (emotions, affects, moods, stress, passions) [2]. In pathological conditions, the psychoemotional background plays a significant role [3]. One of the features characterizing psychoemotional status is anxiety associated with an emotional reaction to danger. Each person has their own optimal or desirable level of anxiety—this is the so-called beneficial anxiety. A distinction is made between anxiety as a personality trait (personal anxiety) and as a state—reactive anxiety [4]. Disturbances in reactive and personal anxiety, as well as depression, are observed in a number of gynecological diseases [3]. Endometriosis occurs in 12–60% of women [5]. According to some data, up to

ISSN 3030-3907

50% of women with endometriosis suffer from infertility [6]. An infertile marriage creates psychological and social discomfort for most women. Endometriosis clinically manifests itself as infertility [7], pain during menstruation and intercourse, and menstrual cycle irregularities [8, 9]. The complexity of examination and treatment processes, the need for hormonal therapy, which causes mood swings and emotional disorders, can affect the psychoemotional state of these patients [10, 11]. There are virtually no studies in the literature on the psychoemotional status of women with infertility due to endometriosis, and the impact of clinical and laboratory parameters in endometriosis on the level of anxiety and depression. Research in this area will help optimize the preparation of patients with endometriosis and infertility for overcoming infertility.

Keywords: endometriosis; infertility; AMH; psycho-emotional status.

KIRISH.

Ushbu tadqiqotning maqsadi genital endometrioz tufayli kelib chiqqan bepushtlik bilan og‘rigan ayollarning psixoemotsional holatini o‘rganish va uning ushbu bemorlarning klinik va laboratoriya xususiyatlariga bog‘liqligini aniqlash edi.

Tadqiqot materiallari va usullari. Jinsiy endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan yetmish bitta ayol tekshirildi. Qo‘shilish mezonlari reproduktiv yosh, kamida bir yil davomida muntazam jinsiy aloqada bo‘lgan homiladorlik tarixi va I, II yoki III bosqich endometrioz tashxisini o‘z ichiga oldi. Chiqarish mezonlari IV bosqich endometriozni o‘z ichiga oldi. Endometrioz Amerika Reproduktiv Tibbiyot Jamiyati tomonidan 1979 yilda taklif qilingan va 1996 yilda qayta ko‘rib chiqilgan tasnifga muvofiq bosqichma-bosqich amalga oshirildi. Ushbu tasnif klinik va morfologik xususiyatlarni hisobga oladigan ballar tizimi yordamida endometriotik shikastlanishlarning umumiy maydoni va chuqurligini hisoblashga asoslangan. Psixoemotsional holat odamning xavotir darajasi odamning foydali xavotir darajasidan qanday farq qilishini aniqlaydigan Spielberger-Khanin testi va depressiyaning og‘irligini o‘lchaydigan Bek Depressiya Inventarizatsiyasi yordamida baholandi. Spielberger-Khanin testi 40 ta savoldan iborat bo‘lib, bemorlardan mos javobni tanlash so‘raldi. Xavotir ballari formula yordamida hisoblab chiqildi va xavotir umumiy ball asosida past, o‘rtacha yoki yuqori deb baholandi.

Ushbu bemorda depressiya mavjudligini baholash uchun Bek Depressiya Inventarizatsiyasi (har bir kategoriya uchun 4-5 ta elementdan iborat, depressiyaning o‘ziga xos ko‘rinishlariga mos keladigan 21 ta elementdan iborat so‘rovnoma) ishlatilgan. Bemorlar o‘zlarining farovonligi, fikrlashi va kayfiyatini eng aniq aks ettiruvchi bayonotni tanladilar. Ularning depressiv alomatlarining og‘irligi ballar asosida baholandi.

ISSN 3030-3907

Olingan natijalarning statistik tahlili tavsiflovchi statistika, populyatsiyalarni miqdoriy o‘zgaruvchilar bo‘yicha taqqoslash va parametrik va parametrik bo‘lmagan tahlil (Mann-Whitney testi) yordamida amalga oshirildi. O‘zgaruvchilar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik Pearson chiziqli korrelyatsiya koeffitsientini (r) hisoblash orqali aniqlandi. Kritik ahamiyat darajasi 0,05 ga o‘rnatildi.

Natijalar va muhokama. Tekshirilgan ayollarning o‘rtacha yoshi 34,1 ± 1,8 yoshni tashkil etdi.

Yosh taqsimoti shuni ko‘rsatdiki, 14 ayol (19,7%) 18–25 yoshda, 22 ayol (30,9%) 26–30 yoshda, 28 ayol (39,4%) 31–35 yoshda va 7 ayol (9,8%) 36–40 yoshda edi.

1-Jadval

Ko‘rsatkich	n	%
18–25 yosh	14	19,7
26–30 yosh	22	30,9
31–35 yosh	28	39,4
36–40 yosh	7	9,8
Jami	**71**	**100,0**
O‘rtacha yosh (M±m)	**34,1 ± 1,8 yosh**	-

Endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan ayollarda somatik patologiyaning chastotasi quyidagicha edi: 26 nafarida (36,4%) oshqozon-ichak kasalliklari, 12 nafarida (17,4%) pielonefrit tarixi, 18 nafarida (25,4%) yengil va o‘rtacha anemiya va 16 nafarida (22,5%) laboratoriya testlariga ko‘ra gormonal faollikka ta'sir qilmaydigan paypaslanadigan diffuz toksik bo‘lmagan bo‘qoq kuzatildi.

2-Jadval

Somatik patologiya	n	%
Oshqozon-ichak kasalliklari	26	36,4
Pielonefrit tarixi	12	17,4
Yengil va o‘rtacha anemiya	18	25,4
Diffuz toksik bo‘lmagan bo‘qoq	16	22,5

Tekshirilgan ayollarda hayz ko‘rishning o‘rtacha yoshi 12,8 ± 0,3 yoshni tashkil etdi. Hayz ko‘rish siklini tahlil qilish natijasida 40 (56,3%) bemorda algomenoreya, 25 (35,2%) bemorda ko‘p hayz ko‘rish va 21 (29,6%) bemorda proiomenoreya aniqlandi. Hayz ko‘rishdan oldin va keyin qon ketishi 25 bemorda (34,5%) qayd etilgan. Hayz ko‘rish bilan bog‘liq bo‘lmagan og‘riq 23 (32,3%) va dispareuniya 48 (67,6%) bemorda qayd etilgan.

ISSN 3030-3907

3-Jadval

Ko‘rsatkich	n	%
Algomenoreya	40	56,3
Ko‘p hayz ko‘rish (gipermenoreya)	25	35,2
Proiomenoreya	21	29,6
Hayz ko‘rishdan oldin va keyin qon ketishi	25	34,5
Hayz ko‘rish bilan bog‘liq bo‘lmagan og‘riq	23	32,3
Dispareuniya	48	67,6
Menarxe yoshi (M±m)	**12,8 ± 0,3 yosh**	**-**

Birlamchi bepushtlik bilan og‘rigan ayollar (53–75%) ikkilamchi bepushtlik bilan og‘riganlarga (18–25%) qaraganda uch baravar ko‘proq uchraydi. Yigirma bitta (28,2%) ayol 5 yilgacha bepushtlikdan aziyat chekkan va 51 (71,8%) ayol 5 yildan ortiq bepushtlikdan aziyat chekkan. Bemorlarning endometrioz og‘irligi bo‘yicha taqsimlanishi shuni ko‘rsatdiki, ayollarning 7,1% ga I bosqich, 40,8% ga II bosqich va 52,1% ga III bosqich endometriozi tashxisi qo‘yilgan.

Tekshirilgan barcha ayollarda gonadotrop gormonlar (FSH va LH) darajasi normal chegaralarda edi. Giperprolaktinemiya 29 ayolda (40,8%), giperestrogenemiya 33 tasida (46,5%) aniqlandi. Progesteron darajasi 36 bemorda (50,7%) pasaygan. Tekshirilgan ayollar orasida estradiol darajasi 38 tasida (53,5%) laboratoriya me'yorlari doirasida, 33 tasida (46,5%) mutlaq giperestrogenemiya va 23 tasida (32,4%) nisbiy giperestrogenemiya tashxisi qo‘yilgan. II va III darajali endometriozli bemorlarda o‘rtacha sarum estradiol darajasi (126,8 ± 28,3 ng/L) I darajali endometriozli bemorlarga (87,4 ± 31,5 ng/L) nisbatan yuqori edi. Normogonadotropik tuxumdon yetishmovchiligi genital endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan 49 (69%) ayolda aniqlandi, tuxumdonlar faoliyati esa 22 tasida (31%) normal edi. Follikula monitoringi natijalari shuni ko‘rsatdiki, tuxumdon yetishmovchiligi bo‘lgan ayollar orasida 36 tasida (73,5%) luteal faza yetishmovchiligi va 13 tasida (26,5%) anovulyatsiya kuzatilgan.

4-Jadval

Ko‘rsatkich	n	%
FSH va LH darajasi me'yorida	71	100,0
Giperprolaktinemiya	29	40,8
Mutlaq giperestrogenemiya	33	46,5
Estradiol darajasi me'yorida	38	53,5

ISSN 3030-3907

Ko‘rsatkich	n	%
Nisbiy giperestrogenemiya	23	32,4
Progesteron darajasining pasayishi	36	50,7

Endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan ayollarda gormonal ko‘rsatkichlarning tavsifi (n=71)

Bepushtlik va endometrioz bilan og‘rigan bemorlarning psixoemotsional holatini baholash shuni ko‘rsatdiki, tekshiruv va bepushtlikni davolash rejasini ishlab chiqishdan oldin 8 ta bemorda shaxsiy xavotir (11,6 ± 4,9%), 48 ta bemorda reaktiv xavotir (67,4 ± 7,1%) va 21 ta bemorda (39,5 ± 7,5%) yengil depressiya aniqlangan.

Shaxsiy xavotir fonida reaktiv xavotir ko‘proq namoyon bo‘ldi - shaxsiy xavotirga ega barcha bemorlarda o‘rtacha va og‘ir darajadagi reaktiv xavotir kuzatildi.

Reaktiv xavotirga ega bemorlar orasida bepushtlik 40 (83%) ayolda 5 yildan ortiq, 8 (17%) ayolda 5 yildan kam, 32 (66,7%) ayolda algomenoreya va 39 (81%) ayolda jinsiy aloqa paytida og‘riq davom etgan. 5 yildan ortiq davom etgan bepushtlik (34–85%) bemorlarda reaktiv xavotir o‘rtacha va og‘ir darajaga yetgan. Uzoq muddatli bepushtlik bilan og‘rigan atigi 6 (15%) ayolga yengil reaktiv xavotir tashxisi qo‘yilgan. Ushbu ma'lumotlar bepushtlik davomiyligi endometriozli ayollarning psixoemotsional holatining o‘zgarish darajasida hal qiluvchi omil ekanligini tasdiqlaydi.

5-Jadval

Ko‘rsatkich	n	%
Bepushtlik davomiyligi 5 yildan ortiq	40	83,3
Bepushtlik davomiyligi 5 yilgacha	8	16,7
Algomenoreya	32	66,7
Dispareuniya	39	81,3

Uzoq muddatli bepushtlik bilan og‘rigan ayollarning yarmidan ko‘pi shifokorlarga avvalgi tashriflar samarasiz bo‘lganini xabar qilishdi. Reaktiv xavotirga ega ayollarning yarmidan ko‘pida (66%) birlamchi bepushtlik kuzatilgan, bu 37 bemorda aniqlangan. Reaktiv xavotirga ega 19 (34%) bemorda ikkilamchi bepushtlik kuzatilgan. Reaktiv xavotirga ega bo‘lgan 48 ayolning gormonal tahlili 44 (91,75%) holatda giperestrogenemiya, 29 (60,4%) holatda gipoprogesteronemiya va 29 (60,4%) holatda giperprolaktinemiya aniqladi. Depressiyaga chalingan barcha bemorlarga estradiol, progesteron va prolaktin darajasida o‘zgarishlar tashxisi qo‘yildi. Ushbu ma'lumotlar gormonal o‘zgarishlar

ISSN 3030-3907

endometriozli bemorlarning psixoemotsional holatiga ham ta'sir qilishini tasdiqlaydi.

Tadqiqot guruhidagi ayollarda o‘rtacha anti-Myuller gormoni (AMH) darajasi (2,01 ± 0,54 ng/ml) nazorat guruhidagi ayollarga (3,69 ± 0,69 ng/ml) nisbatan ancha past edi. Tekshirilgan ayollar orasida 23 (32,4%) bemorda AMH darajasi past (1,0 ng/ml dan kam) tashxisi qo‘yildi. Tuxumdon zaxirasi past bo‘lgan ayollar orasida 18 bemorga endometrioid tuxumdon kistalari, uchtasida adenomioz va ikkitasida peritoneal endometrioz tashxisi qo‘yildi.

Tekshirilgan AMH darajasi past bo‘lgan bemorlar orasida yetti ayol 26–30 yoshda, 12 nafari 31–35 yoshda va to‘rt nafari 36–40 yoshda edi. 26–30 va 31–35 yoshdagi kichik guruhlardagi AMH darajasini taqqoslash statistik jihatdan ahamiyatli farqlarni aniqlamadi (Mann-Uitni U testi 49 ga teng; kritik qiymat 18 ga teng; 49 > 18; $p > 0,05$). 26–30 va 36–40 yoshdagi kichik guruhlardagi AMH darajasini taqqoslash katta yosh guruhida ushbu ko‘rsatkichning sezilarli darajada ($p < 0,05$) pasayishini aniqladi (Mann-Uitni U testi 2 ga teng; taqqoslanayotgan ma'lum bir guruh uchun Mann-Uitni U testining kritik qiymati 3 ga teng; $2 \leq 3$). Bu ma'lumotlar tuxumdonlarning funktsional zaxirasi yoshga qarab kamayib borishini tasdiqlaydi. Endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan ayollar odatda asosiy kasallikni tekshirish va davolash uchun yillar sarflashadi. Bepushtlik davomiyligi oshadi va tuxumdon zaxirasining kamayishi tufayli yosh o‘tishi bilan homilador bo‘lish ehtimoli kamayadi. Shuning uchun, bepushtlik bilan og‘rigan ayollarda endometrioz tashxisi IVF markazlarida keyingi davolash uchun ko‘rsatma hisoblanadi.

Endometrioid tuxumdon kistalari bo‘lgan bemorlar uchta kichik guruhga bo‘lingan: 23 (45,1%) ayolda bitta tuxumdonda kichik kista (diametri < 4 sm), 18 (35,3%) ayolda bitta tuxumdonda diametri 4 sm dan katta kista tashxisi qo‘yilgan va 10 (19,6%) ayolda ikkala tuxumdonda ham diametri 4 sm dan kam kistalar aniqlangan. Endometrioid tuxumdon kistalari bo‘lgan bemorlarda sarum AMH darajasi endometriozning og‘irligi va darajasiga bog‘liq edi: 1-kichik guruhdagi 5 ta (21,7 ± 8,6%) bemorda, 2-kichik guruhdagi 9 ta (50 ± 11,8%) bemorda va 3-kichik guruhdagi 4 ta (40 ± 15,5%) bemorda past AMH qiymatlari aniqlandi.

1-kichik guruhdagi ($n = 5$) va 2-kichik guruhdagi ($n = 9$) AMH darajasini parametrik bo‘lmagan usul yordamida taqqoslaganda, Mann-Whitney U-testi 7 kritik qiymati bilan 5,5 ga teng ekanligi aniqlandi ($5,5 \leq 7$; $p < 0,05$). 2-chi ($n = 9$) va 3-chi ($n = 4$) kichik guruhlardagi AMH darajasini taqqoslaganda, sezilarli farqlar topilmadi (Mann-Whitney U testi 6,5 ga teng, kritik qiymati 4 ga teng; 6,5 > 4; $p > 0,05$).

Zardobdagi AMH darajasi va endometrioid tuxumdon kistalari hajmining korrelyatsion tahlili bu parametrlar o‘rtasida teskari bog‘liqlikni aniqladi ($r = –0.5$;

ISSN 3030-3907

n = 51). Tekshirilgan ayollar orasida 23 (32.4%) bemorda AMH darajasi past (1.0 ng/ml dan kam) tashxisi qo‘yildi. AMH darajasi past bo‘lgan barcha bemorlarda yuqori (6 ayol, 26.1%) dan o‘rtacha (17 ayol, 73.95%) gacha bo‘lgan reaktiv xavotir bor edi. Zardobdagi AMH darajasi va reaktiv xavotir darajasi o‘rtasida salbiy korrelyatsiya (r = –0.63; n = 71) aniqlandi (ball).

Shunday qilib, genital endometriozning klinik ko‘rinishi bo‘lgan bepushtlik, ayniqsa birlamchi va uzoq muddatli bepushtlik, shifokorlarga avvalgi tashriflarning samarasizligiga olib keladi. Endometrioz va bepushtlik bilan og‘rigan ayollar tanasida gormonal o‘zgarishlar, shuningdek, AMH darajasi past bo‘lishi genital endometriozning klinik ko‘rinishlari va bepushtlikning birlamchi, ikkilamchi va davomiylik kabi xususiyatlari bilan bog‘liq bo‘lib, bizning ma'lumotlarimizga ko‘ra, ayolning psixoemotsional holatiga ta'sir qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/Здоровье (дата обращения 15.02.2017).
2. Хьелл Л., Зиглер Д. Теории личности. — СПб.: Питер, 2007. [Kh’ell L, Zigler D. Teorii lichnosti. Saint Petersburg: Piter; 2007. (In Russ.)]
3. Клиническая психология / Под ред. Н.Д. Творогов. — М.: ПЕР СЭ, 2007. [Tvorogov ND, red. Klinicheskaya psikhologiya. Moscow: PER SE; 2007. (In Russ.)]
4. Спилбергер Ч.Д., Ханин Ю.Л. Исследование тревожности // Диагностика эмоционально-нравственного развития / Под ред. И.Б. Дерманова. — СПб.: Питер, 2002. — С. 124–126. [Spilberger ChD, Khanin YuL. Issledovanie trevozhnosti. Diagnostika emotsional’no-nravstvennogo razvitiya / Ed by I.B. Dermanova. Saint Petersburg: Piter; 2002. P. 124-126. (In Russ.)]
5. Гинекология от пубертата до постменопаузы: практическое руководство для врачей / Э.К. Айламазян, В.В. Потин, М.А. Тарасова и др. — М.: МЕДпресс, 2004. [Ailamazian EK, Potin VV, Tarasova MA, et al. Gynecology from puberty to postmenopause: a practical guide for physicians. Moscow: MEDpress-inform Publ.; 2004. (In Russ.)]
6. Cheewadhanaraks S. Cumulative recurrence rates of endometriosis-associated pain after long-term intramuscular depot medroxyprogesterone acetate therapy. J Med Assoc Thai. 2013;96(2):140-3.
7. Ярмолинская М.И., Денисова В.М. Значение эндометриоза в патогенезе бесплодия // Журнал акушерства и женских болезней. — 2013. — № 6. — С. 67–77. [Yarmolinskaya MI, Denisova VM. Importance of genital endometriosis in pathogenesis of infertility. Journal of Obstetrics and Women’s Diseases. 2013;(6):67-77. (In Russ.)]
8. Айламазян Э.К., Толибова Г.Х., Траль Т.Г., и др. Особенности экспрессии рецепторов половых стероидных гормонов, провоспалительных маркеров и

ISSN 3030-3907

ингибитора циклинзависимой киназы p16ink4a в эндометрии при наружном генитальном эндометриозе // Журнал акушерства и женских болезней. — 2016. — Т. LXV. — № 3. — С. 4–11. [Aylamazyan EK, Tolibova GKh, Tral TG, et al. The features of the expression of sex steroids hormone receptors, pro-inflammatory markers and cyclin-dependent kinase inhibitor protein p16ink4a in endometrium at external genital endometriosis. Journal of Obstetrics and Women's Diseases. 2016;LXV(3):4-11. (In Russ.)]. doi: 10.17816/JOWD6534-11.

9. Дубоссарская З.М. Дифференциальная лечебная тактика при сочетанной доброкачественной патологии гениталий, сопровождающейся синдромом хронической тазовой боли // Здоровье женщины. — 2012. — № 6(72). — С. 132–136. [Dubossarskaya ZM. Differentsial'naya lechebnaya taktika pri sochetannoy dobrokachestvennoy patologii genitaliy, soprovozhdayushcheysya sindromom khronicheskoy tazovoy boli. Women's Health. 2012;6(72):132-136. (In Russ.)]

ISSN 3030-3907

УДК 553.611:549.67:66.067.8

МЕХАНИЧЕСКАЯ АКТИВАЦИЯ БЕНТОНИТА НАВБАХОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И САПРОПЕЛЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Эргашева Ш.А.
Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан
Шарипов С.Ш.
Навоийский государственный горно-технологический университет
Жаналиева Р.Н.
Центрально-Азиатский инновационный университет, г. Шымкент, Казахстан
Тагаев С.У
Частный университет «SHARQ» в городе Навои

Аннотация. В работе исследованы процессы механической активации бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области с целью повышения их сорбционных характеристик и расширения возможностей применения в экологических технологиях. Механическая обработка осуществлялась на планетарной шаровой мельнице Retsch PM 400 при различных режимах измельчения. Изучено влияние скорости вращения, продолжительности обработки, соотношения массы шаров к массе материала и влажности среды на физико-химические свойства материалов. Для характеристики образцов использованы методы БЭТ, рентгенофазового анализа, лазерной дифракции, электронной микроскопии, определения катионообменной способности и дзета-потенциала. Установлено, что механическая активация приводит к существенному уменьшению размера частиц, увеличению удельной поверхности и повышению обменной ёмкости материалов. Полученные результаты подтверждают перспективность использования механически активированных бентонита и сапропеля в качестве экологически безопасных сорбентов для очистки загрязнённых почв и водных сред.

Ключевые слова: бентонит, сапропель, механическая активация, сорбент, удельная поверхность, катионообменная способность.

Abstract. This study investigates the mechanical activation of bentonite from the Navbahor deposit and sapropel from the Tashkent region in order to improve their sorption properties and expand their environmental applications. Mechanical treatment was performed using a Retsch PM 400 planetary ball mill under various operating conditions. The effects of milling speed, treatment duration, ball-to-powder ratio, and moisture content were evaluated. The materials were characterized by BET surface area analysis, X-ray diffraction, laser diffraction

particle sizing, scanning electron microscopy, cation exchange capacity determination, and zeta potential measurements. Mechanical activation resulted in significant particle size reduction, increased specific surface area, and enhanced ion-exchange properties. The obtained results demonstrate the potential of activated bentonite and sapropel as environmentally friendly sorbents for soil and water remediation.

Keywords: bentonite, sapropel, mechanical activation, sorbent, BET surface area, cation exchange capacity.

Annotatsiya. Ushbu ishda Navbahor koni bentoniti va Toshkent viloyati sapropelining sorbsion xususiyatlarini yaxshilash hamda ekologik texnologiyalarda qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirish maqsadida ularning mexanik faollashtirish jarayonlari o‘rganildi. Mexanik ishlov berish Retsch PM 400 planetar sharli tegirmonida turli maydalash rejimlarida amalga oshirildi. Aylanish tezligi, ishlov berish davomiyligi, sharlar massasi va material massasi nisbati hamda muhit namligining materiallarning fizik-kimyoviy xossalariga ta’siri tadqiq qilindi. Namunalarni tavsiflash uchun BET usuli, rentgen-fazaviy tahlil, lazer difraksiyasi, elektron mikroskopiya, kation almashinish sig‘imi va zeta-potensialni aniqlash usullaridan foydalanildi. Mexanik faollashtirish natijasida zarrachalar o‘lchami sezilarli darajada kamayishi, solishtirma sirt maydoni ortishi va materiallarning almashinish sig‘imi oshishi aniqlandi. Olingan natijalar mexanik faollashtirilgan bentonit va sapropeldan ifloslangan tuproqlar hamda suv muhitlarini tozalashda ekologik xavfsiz sorbentlar sifatida foydalanish istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: bentonit, sapropel, mexanik faollashtirish, sorbent, solishtirma sirt maydoni, kation almashinish sig‘imi.

1. ВВЕДЕНИЕ.

В XX–XXI веках загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами и органическими токсикантами стало одной из наиболее актуальных экологических проблем. Её решение во многом связано с разработкой дешёвых и доступных сорбционных материалов природного происхождения. В этой связи всё больший интерес вызывают бентонитовые глины и сапропели, обладающие развитой поверхностью, высокой обменной способностью и экологической безопасностью. Узбекистан располагает значительными запасами бентонитов, среди которых важное место занимает Навбахорское месторождение. Одновременно республика обладает значительными ресурсами сапропелей, которые остаются недостаточно востребованными в промышленности.

В последние десятилетия природные алюмосиликаты и органоминеральные материалы привлекают внимание исследователей как

ISSN 3030-3907

перспективные сорбенты для решения экологических задач [1]. Бентонит относится к группе слоистых алюмосиликатов типа 2:1, основным минералом которых является монтмориллонит. Его ключевые свойства высокая способность к набуханию, низкая гидравлическая проводимость и способность к ионному обмену делают его эффективным барьером для удаления загрязнителей, в том числе радиоактивных отходов, из окружающей среды [2, 3]. По данным отечественных и зарубежных авторов, катионообменная способность природных бентонитов варьирует от 60 до 150 мг-экв/100 г в зависимости от содержания монтмориллонита и природы обменных катионов. Наиболее эффективны натриевые формы бентонитов, характеризующиеся повышенной степенью набухания и развитой удельной поверхностью.

В Узбекистане значительные запасы бентонитовых глин сосредоточены на Навбахорском месторождении Навоийской области. Согласно исследованиям [4], навбахорские бентониты содержат от 60 до 80 % монтмориллонита и относятся к высококачественным природным сорбентам; суммарное содержание диоксида кремния и оксида алюминия превышает 70 %.

Особый интерес в последние годы вызывает механическая активация бентонитов. Показано, что высокоэнергетическое измельчение способствует разрушению агрегатов частиц, увеличению числа активных центров и частичной аморфизации кристаллической структуры, в результате чего возрастает удельная поверхность и улучшаются сорбционные характеристики материала [5]. По данным [6], механическая обработка в планетарных мельницах приводит к снижению размера частиц в 2–5 раз и увеличению удельной поверхности на 30–80 %; степень структурных изменений зависит от продолжительности обработки и энергии измельчения.

Не менее перспективным природным материалом является сапропель органоминеральный осадок пресноводных водоёмов, образующийся в результате многолетнего накопления и разложения остатков водной флоры и фауны. В его составе содержатся гуминовые и фульвокислоты, аминокислоты, углеводы, микроэлементы и биологически активные соединения. Установлено, что гуминовые вещества сапропеля образуют устойчивые комплексы с ионами тяжёлых металлов, благодаря чему сапропель рассматривается как перспективный материал для ремедиации загрязнённых почв и очистки сточных вод [7]. Гуминовые вещества выступают многофункциональными природными агентами в устойчивом сельском хозяйстве, открывая новые возможности для улучшения здоровья почвы, продуктивности растений и устойчивости окружающей среды [14].

ISSN 3030-3907

Содержание гуминовых кислот в различных типах сапропеля может достигать 20 % от сухой массы; наличие карбоксильных и фенольных групп обеспечивает высокую катионообменную способность материала, которая находится в диапазоне 150–250 мг-экв/100 г, что сопоставимо с показателями многих природных алюмосиликатов или превышает их.

Особое внимание уделяется комбинированному использованию минеральных и органоминеральных сорбентов. Сочетание бентонита и гуминсодержащих материалов позволяет получать композиты с улучшенными физико-химическими характеристиками: бентонит обеспечивает высокую механическую прочность и развитую поверхность, тогда как гуминовые вещества сапропеля повышают способность к комплексообразованию с тяжёлыми металлами. Согласно концепции синергетического эффекта, совместное применение бентонита и сапропеля позволяет одновременно реализовать несколько механизмов связывания загрязнителей: ионный обмен, физическую адсорбцию, поверхностное комплексообразование и хелатирование, что значительно повышает эффективность удаления ионов свинца, кадмия, меди, цинка и других токсичных элементов.

Несмотря на значительное число работ по раздельному использованию бентонитов и сапропелей, сведения о комплексном сравнительном изучении этих материалов из местного сырья Узбекистана практически отсутствуют. Недостаточно изучено влияние механической активации на изменение структуры, пористости и сорбционных характеристик обоих материалов в идентичных условиях обработки.

Целью настоящей работы является исследование влияния механической активации на физико-химические свойства бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области как способа повышения их сорбционных свойств.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В качестве объектов исследования использованы два вида местного природного сырья Республики Узбекистан: бентонитовая глина Навбахорского месторождения Навоийской области и сапропель озера Ташкентской области.

Бентонит представляет собой алюмосиликатный минерал с преобладанием монтмориллонита, обладающий развитой поверхностью, высокой способностью к набуханию и катионному обмену. Химический состав бентонита Навбахора (по данным РФА) приведён на рисунке 1. Основу состава составляют SiO_2 (~58 %) и Al_2O_3 (~16 %); потери при

ISSN 3030-3907

прокаливании (ППП) находятся в интервале 8–11 %, что указывает на наличие межслоевой воды и структурных ОН-групп.

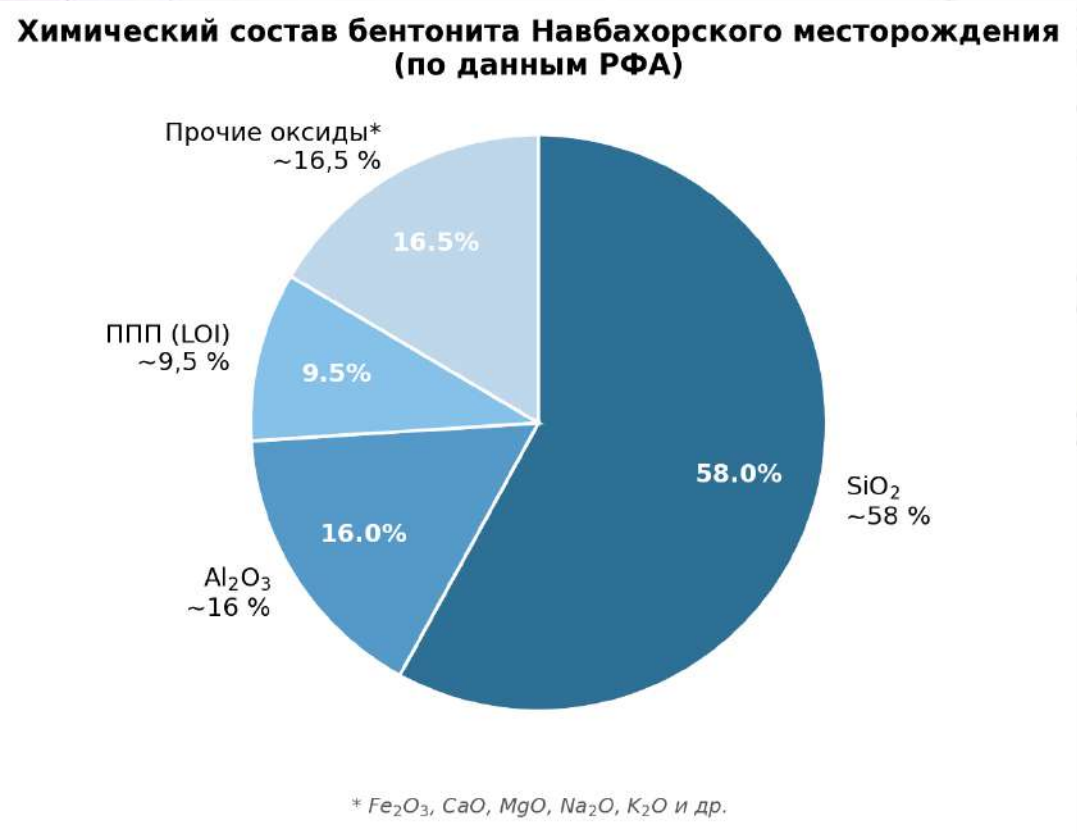


Рисунок 1. Химический состав бентонита Навбахорского месторождения

Сапропель является органоминеральным осадком пресноводных водоёмов, содержащим гуминовые вещества, аминокислоты, микроэлементы и биологически активные соединения (рисунок 2).



Рисунок 2. Качественный состав сапропеля (по литературным данным)

ISSN 3030-3907

Исходные физико-химические характеристики исследуемых материалов представлены на рисунке 3.

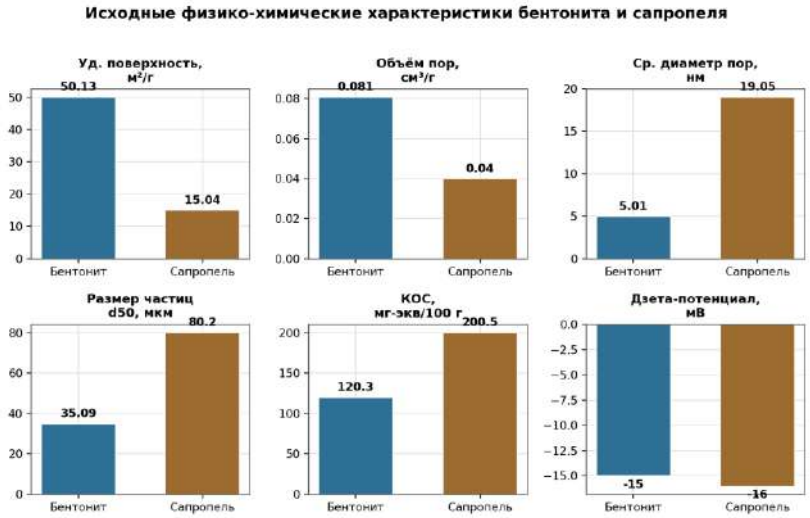


Рисунок 3. Исходные физико-химические характеристики исследуемых материалов

Образцы бентонита сушили на воздухе при температуре не выше 40 °C в течение 72–96 часов. После высушивания материал измельчали в агатовой ступке и просеивали через сито с размером ячеек 0,16 мм. Сапропель после отбора со дна водоёма сушили при температуре 105 °C в течение 24 часов до остаточной влажности менее 8 %, затем измельчали и просеивали через сито 0,25 мм. Полученные исходные материалы обозначали как Б-0 и С-0 соответственно и использовали в качестве контрольных образцов. Общая схема проведения исследования приведена на рисунке 4.

ISSN 3030-3907

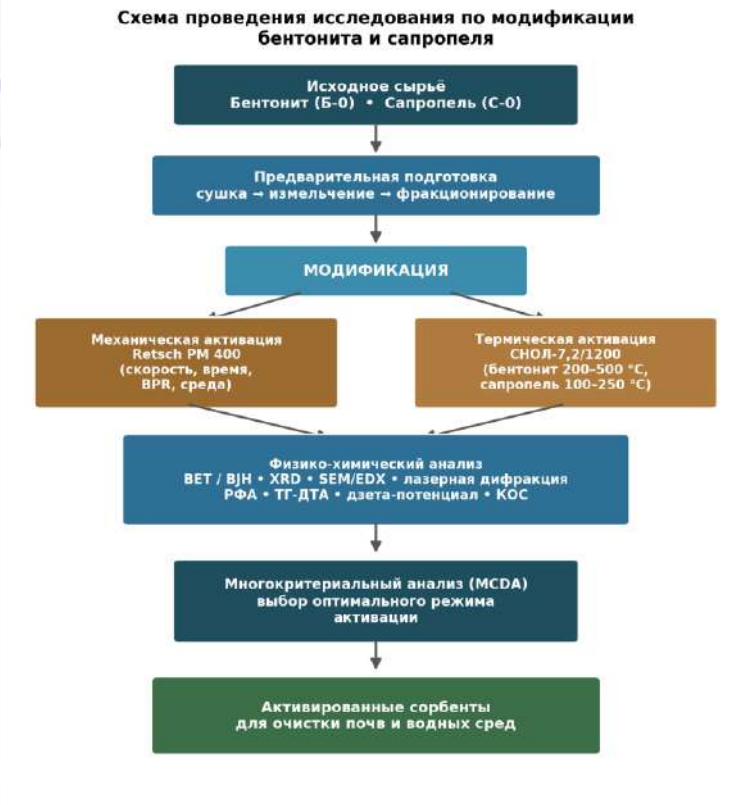


Рисунок 4. Схема проведения исследования по модификации бентонита и сапропеля

Механическую обработку проводили на планетарной шаровой мельнице Retsch PM 400 (Германия). Основными варьируемыми факторами являлись:

– скорость вращения ротора 200 и 500 об/мин (низкая и высокая интенсивность);

– продолжительность обработки 30 и 90 мин (короткая и длительная);

– соотношение массы шаров к массе материала (BPR) 10:1 и 30:1 (низкое и высокое «давление»);

– среда измельчения сухая и влажная (с добавлением 10 % влаги).

Термическую обработку проводили в муфельной печи СНОЛ-7,2/1200. Диапазоны температур для бентонита и сапропеля выбирали раздельно, поскольку их состав принципиально различается: для бентонита 200–500 °C, для сапропеля 100–250 °C. Как отмечается в литературе [7], для сохранения биологических свойств сапропеля не следует превышать 250 °C. Скорость нагрева составляла 12 °C/мин; после завершения процесса образцы охлаждали естественным образом в выключенной печи. Основная дегидроксилизация структуры монтмориллонита начинается выше 600 °C и приводит к существенной потере катионообменной способности, поэтому 500 °C принято в качестве оптимальной верхней границы. Изменения

ISSN 3030-3907

кристаллической структуры сопровождаются уменьшением удельной поверхности и общего объёма пор [19].

Для комплексной характеристики материалов использовали набор современных аналитических методов (таблица 1).

Таблица 1.

Методы исследования и используемое оборудование

BET	Удельная поверхность	Micromeritics ASAP 2020
BJH	Объём и диаметр пор	Micromeritics ASAP 2020
XRD	Фазовый состав	Shimadzu XRD-6100
SEM	Морфология поверхности	Quanta 200 FEG
EDX	Локальный элементный состав	Quanta 200 FEG
Лазерная дифракция	Размер частиц	Mastersizer 3000
РФА (XRF)	Оксидный состав	Bruker S2 Puma
ТГ-ДТА	Термические свойства	STA 449 F3 Jupiter
Дзета-потенциал	Электрокинетические свойства	Zetasizer Nano ZS
ААС	Обменные катионы	Shimadzu AA-7000

Экспериментальное измерение ёмкости катионного обмена обычно включает вытеснение обменных катионов ионом с известным индексом и последующее измерение количества этого иона, извлечённого из образца. Минералы группы монтмориллонита обладают более высокой ёмкостью катионного обмена (ЕКО = 80–150 мг-экв/100 г) по сравнению с каолинитами (ЕКО = 3–15 мг-экв/100 г). Метиленовый голубой (МГ) органический краситель катионного типа, который адсорбируется на отрицательно заряженной поверхности глинистых частиц [15]. Катионообменную способность определяли двумя независимыми методами: методом метиленового синего и методом ацетата аммония (1 М NH_4OAc, pH 7,0). Результаты обоих методов сравнивали между собой; допустимое расхождение не превышало 5 %.

Каждое измерение проводили в трёх параллельных повторностях. Для обработки результатов использовали программу OriginPro 2024.

ISSN 3030-3907

Рассчитывали среднее арифметическое значение, стандартное отклонение (SD), коэффициент вариации (CV) и коэффициент корреляции Пирсона (r). Оптимальный режим активации определяли методом многокритериального анализа решений (MCDA). Весовые коэффициенты критериев приведены на рисунке 5. Суммарную оценку рассчитывали по нормированным значениям показателей, после чего выбирали образец с максимальным интегральным баллом.



Рисунок 5. Весовые коэффициенты критериев выбора оптимального режима активации (MCDA)

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

Метод БЭТ классический метод адсорбции, позволяющий с высокой точностью определять удельную поверхность материала. Метод предложен в 1938 году и признан «золотым стандартом» характеристики сорбентов. Измерения проводили на автоматическом газоадсорбционном анализаторе Micromeritics ASAP 2020 (США). Каждый образец (примерно 0,2–0,3 г) перед измерением дегазировали в вакууме при 150 °C в течение 4 часов для удаления физически адсорбированной воды и других веществ. Затем образец помещали в сосуд с жидким азотом и измеряли изотермы азота в диапазоне относительных давлений (P/P_0) 0,01–0,99. По результатам получали три основных показателя: S(БЭТ) ($м^2/г$), общий объём пор ($см^3/г$) и средний диаметр пор (нм). Повторяемость результатов составляла менее ±2 %.

Исходный бентонит характеризовался удельной поверхностью 50,13 $м^2/г$ и КОС 120,3 мг-экв/100 г; для сапропеля эти показатели составляли 15,04

ISSN 3030-3907

м²/г и 200,5 мг-экв/100 г соответственно. Механическая активация привела к существенному уменьшению среднего диаметра частиц: по данным лазерной дифракции размер частиц бентонита снизился с 35,09 до 10–15 мкм, а сапропеля с 80,2 до 20–35 мкм. BET-анализ показал увеличение удельной поверхности бентонита до 70–85 м²/г в зависимости от режима обработки, а сапропеля до 20–28 м²/г. Изменение BET-параметров бентонита после механической активации представлено на рисунке 6.

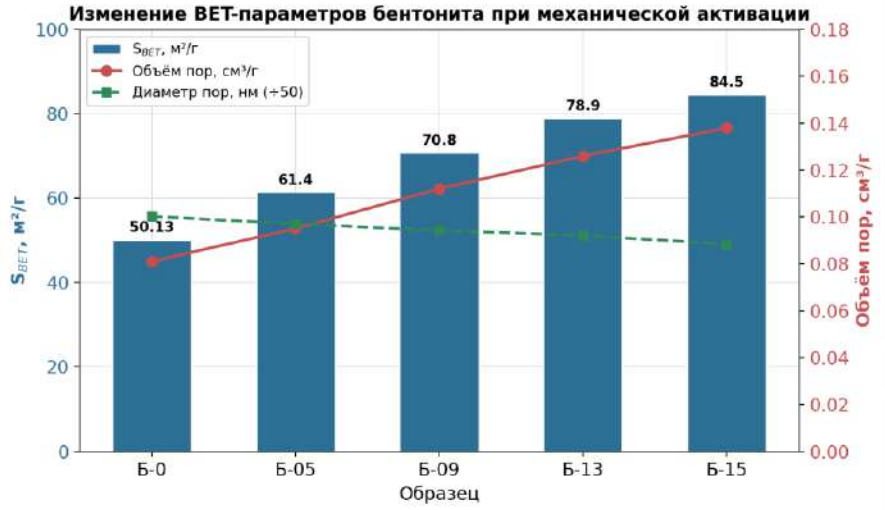


Рисунок 6. Изменение BET-параметров бентонита после механической активации

Анализ данных показывает, что увеличение энергии механической активации сопровождается последовательным ростом удельной поверхности. Максимальное значение наблюдается для образца Б-15, где поверхность увеличивается почти в 1,7 раза по сравнению с исходным образцом. Данный эффект связан с разрушением агрегатов монтмориллонита и образованием новых активных поверхностей. Уменьшение размера частиц способствует увеличению числа доступных сорбционных центров и ускорению массопереноса при адсорбции загрязняющих веществ.

Для определения кристаллической структуры образцов и межслоевого расстояния монтмориллонита (d_{001}) использовали метод рентгенофазового анализа (XRD). Измерения проводили на дифрактометре Shimadzu XRD-6100 (Япония) при следующих параметрах: ток 30 мА, напряжение 40 кВ, угловой диапазон 2θ = 3–70°, шаг 0,02°, время измерения на каждом шаге 1 с. На дифрактограммах идентифицировали основные пики: характерное для монтмориллонита расстояние d_{001} (~14–15 Å, или 1,4–1,5 нм в исходном состоянии), а также примесные минералы (кварц 2θ ≈ 26,7°, кальцит 2θ ≈ 29,4°, иллит 2θ ≈ 8,8°). Степень аморфизации рассчитывали по методике [6] на основе снижения интенсивности кристаллических пиков и роста

ISSN 3030-3907

аморфного «гало». Изменение межслоевого расстояния монтмориллонита приведено на рисунке 7.

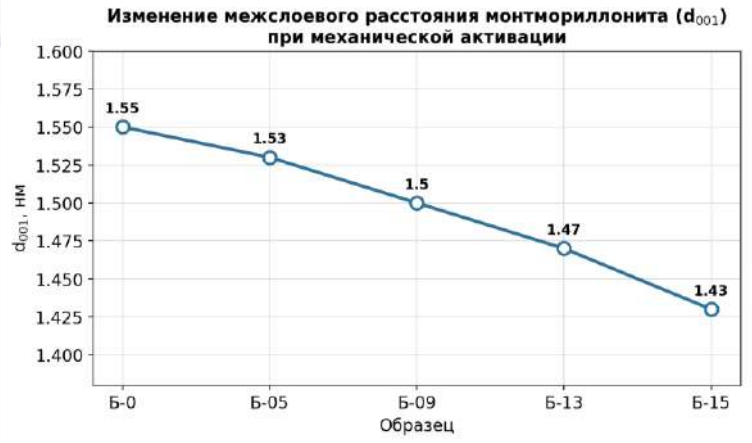


Рисунок 7. Изменение межслоевого расстояния монтмориллонита (d_{001})

Снижение d_{001} свидетельствует о частичном разрушении межслоевой структуры и удалении слабосвязанных молекул воды.

Изменения бентонита и сапропеля под действием температуры, а также температурные интервалы дегидратации и дегидроксилирования изучали методами термогравиметрического и дифференциально-термического анализа (ТГ-ДТА). Основные характеристики сапропеля после механической активации приведены на рисунке 8.

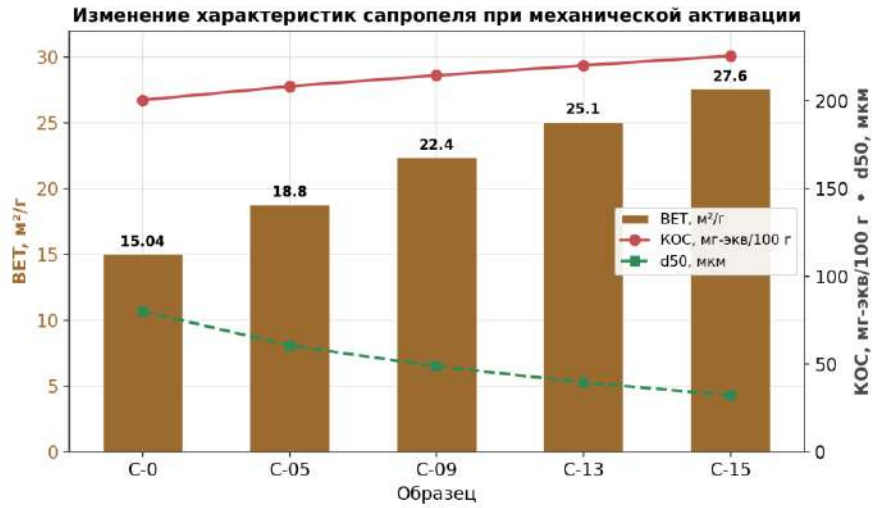


Рисунок 8. Основные характеристики сапропеля после механической активации

С ростом интенсивности обработки наблюдается последовательное увеличение удельной поверхности и катионообменной способности сапропеля при одновременном уменьшении среднего размера частиц d50, что согласуется с характером изменений, отмеченных для бентонита.

Сравнительный анализ активированных бентонита и сапропеля приведён на рисунке 9. Бентонит характеризуется более развитой минеральной поверхностью, тогда как сапропель обладает значительно

ISSN 3030-3907

большей катионообменной способностью благодаря присутствию гуминовых веществ.

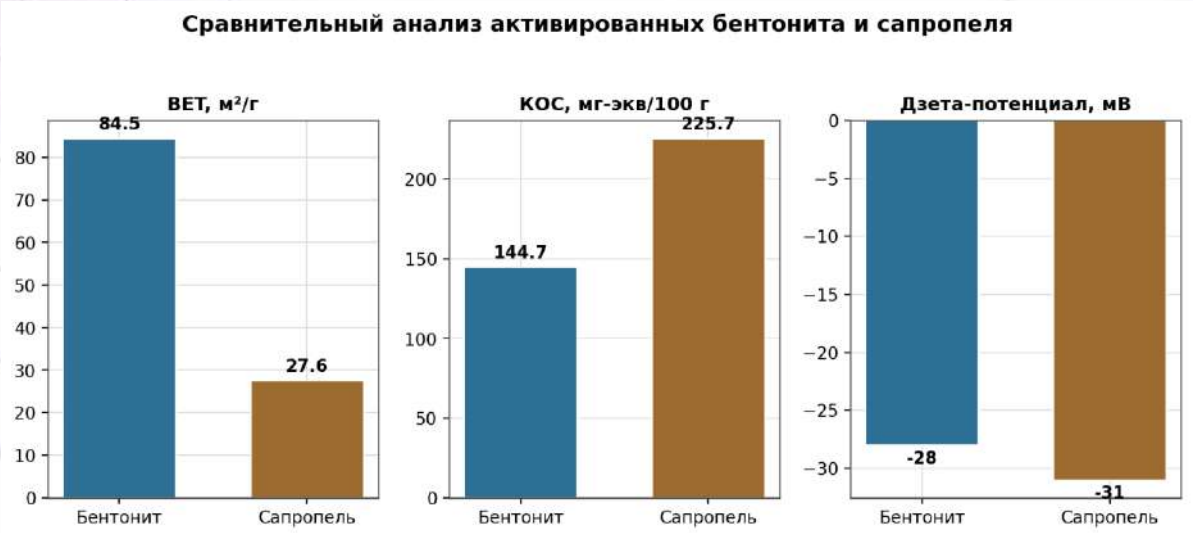


Рисунок 9. Сравнительный анализ активированных бентонита и сапропеля

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате проведённых исследований установлено, что механическая активация является эффективным методом направленного изменения структуры и физико-химических свойств природных материалов бентонита Навбахорского месторождения и сапропеля Ташкентской области.

Обработка в планетарной шаровой мельнице приводит к существенному уменьшению среднего размера частиц исследуемых материалов. Для бентонита наблюдалось снижение среднего диаметра частиц более чем в три раза, что сопровождалось разрушением агрегатов и увеличением доступной поверхности.

Механическая активация способствует значительному росту удельной поверхности и пористости материалов. Максимальный эффект достигнут при высокоинтенсивных режимах измельчения (500 об/мин, 90 мин, BPR 30:1), при которых удельная поверхность бентонита увеличивалась более чем на 70 %, а сапропеля почти в два раза по сравнению с исходным состоянием.

Результаты рентгенофазового анализа показали частичную аморфизацию структуры монтмориллонита и уменьшение межслоевого расстояния d_{001}, что свидетельствует о формировании дополнительных дефектов кристаллической решётки и повышении реакционной способности материала.

Установлено увеличение катионообменной способности активированных образцов: для бентонита КОС возрастала примерно до 145 мг-экв/100 г, а для сапропеля до 226 мг-экв/100 г. Рост данного показателя

ISSN 3030-3907

обусловлен увеличением доступности обменных центров и раскрытием функциональных групп поверхности.

Проведённый многокритериальный анализ подтвердил, что механически активированные бентонит и сапропель обладают улучшенными сорбционными характеристиками и могут рассматриваться как перспективная основа для создания экологически безопасных материалов, предназначенных для очистки загрязнённых почв и водных объектов. Полученные результаты создают научную основу для дальнейшей разработки композиционных сорбентов на основе местного минерального и органоминерального сырья Узбекистана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сабиров Б.Т. [и др.]. Комплексное исследование бентонитовых глин перспективных месторождений Узбекистана // Universum: технические науки. 2020. № 8(77). URL: https://7universum.com/en/tech/archive/item/10621 (дата обращения: 02.06.2026).
2. Wagner J.F. Chapter 5.3 Clay liners and waste disposal // Developments in Clay Science. Vol. 5 / eds. F. Bergaya, G. Lagaly. Amsterdam: Elsevier, 2013. P. 663–676.
3. Wilson J., Savage D., Cuadros J., Shibata M., Ragnarsdottir K.V. The effect of iron on montmorillonite stability. (I) Background and thermodynamic considerations // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2006. Vol. 70. P. 306–322.
4. Тоширов Б.Т., Рахматов Ш.А. Бентониты Узбекистана и перспективы их промышленного использования. Ташкент: Фан, 2004. 256 с.
5. Cheon Y., Kim S., Jeong H.Y. Effects of thermal treatment on bentonite stability and europium(III) leachability // Journal of Analytical Science and Technology. 2025. Vol. 16. Article 6.
6. Lukáč P., Húlan T., Kováčik J. Influence of high-energy milling on clay mineral structure and amorphization // Materials Chemistry and Physics. 2023. Vol. 301. Article 127614.
7. Stankevica K., Klavins M. Sapropel and its application in environmental technologies // Latvian Journal of Chemistry. 2016. Vol. 55. No. 2. P. 95–107.
8. Исаджанов А.А. Минерально-сырьевой комплекс Узбекистана: проблемы устойчивого развития // Теория и практика современной науки. 2019. № 6(48). С. 232–236.
9. Bergaya F., Lagaly G. Handbook of Clay Science. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2019. 1246 p.
10. Murray H. Applied Clay Mineralogy: Occurrences, Processing and Applications of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-sepiolite and Common Clays //

ISSN 3030-3907

Developments in Clay Science. Amsterdam: Elsevier, 2007. 180 p. https://doi.org/10.1016/S1572-4352(06)02008-3
11. Умурова Ш.Ш., Амонов М.Р. Модификация бентонитов навбахорского месторождения для повышения их адсорбционных свойств // Universum: технические науки. 2026. № 1(142).
12. Адизова Ш.Т., Амонов М.Р. Сорбционные характеристики химически модифицированного бентонита // Universum: технические науки. 2024. № 6(123).
13. Garg N., Skibsted J. Thermal activation of pure montmorillonite clay and its reactivity in cement systems // The Journal of Physical Chemistry C. 2014. Vol. 118. No. 21. P. 11464–11477. https://doi.org/10.1021/jp502529d
14. Maffia A., Oliva M., Marra F., Mallamaci C., Nardi S., Muscolo A. Humic Substances: Bridging Ecology and Agriculture for a Greener Future // Agronomy. 2025. Vol. 15. Article 410. https://doi.org/10.3390/agronomy15020410
16. Середин В.В. [и др.]. Влияние структуры бентонитовой глины, активированной давлением, на показатель адсорбции // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 11. С. 81–89.
17. Биннатова Л.А., Ширалиева Э.М., Ягубов А.И., Мурадова Н.М., Нуриев А.Н. Термообработка бентонита и адсорбция метилена голубого // Конденсированные среды и межфазные границы. 2007. Т. 9. № 2. С. 99–101.
18. Бельчинская Л.И., Бондаренко А.В., Губкина М.Л., Петухова Г.А., Селеменев В.Ф. Влияние термического модифицирования на адсорбционные свойства природных силикатов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2006. Т. 6. Вып. 1. С. 80–81.
19. Мосталыгина Л.В., Чернова Е.А., Бухтояров О.И. Кислотная активация бентонитовой глины // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 24. С. 57–61.
20. Orolínová Z. [et al.]. Effect of thermal treatment on the bentonite properties // Arhiv za tehničke nauke. 2012. Vol. 7. No. 1. P. 49–56.
21. Klavins M., Purmalis O. Humic substances and their role in environmental remediation // Environmental Research. 2019. Vol. 170. P. 354–365.
22. Perminova I.V. Humic Substances in Environmental Systems. Moscow: Moscow State University Press, 2018. 412 p.
23. Stevenson F.J. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 3rd ed. New York: Wiley, 2020. 512 p.

ISSN 3030-3907

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СВОЙСТВ ПШЕНИЧНОГО ЗЕРНА

Туйчиева Дилрабо Мамиржоновна
Доцент кафедры «Технологических машин и охраны труда», Андижанский государственный технический институт.
E-mail: dilrabotuychiyeva8087@gmail.com
0009-0005-4037-1337

Аннотация. В статье исследуется планирование экспериментов и методы определения физико-химических и хлебопекарных свойств пшеничного зерна. Особое внимание уделено применению методов активного планирования, позволяющих оптимизировать количество опытов и повысить достоверность получаемых результатов. Приведены принципы выбора факторов и уровней варьирования, а также обработки экспериментальных данных с использованием регрессионного анализа..

Ключевые слова: пшеничное зерно, планирование эксперимента, физико-химические свойства, хлебопекарные свойства, влажность зерна, клейковина, качество, регрессионный анализ, заражённость зерна, технологические свойства, качество муки.

Annotatsiya. Ushbu maqolada bug‘doy donining fizik-kimyoviy va nonboplik xossalarini aniqlash usullari hamda eksperimentni rejalashtirish masalalari o‘rganilgan. Olingan natijalarning ishonchliligini oshirish va tajribalar sonini optimallashtirish imkonini beruvchi faol rejalashtirish usullarini qo‘llashga alohida e’tibor qaratilgan. Shuningdek, omillarni tanlash va ularning darajalarini belgilash tamoyillari hamda eksperimental ma’lumotlarni regressiya tahlili yordamida qayta ishlash usullari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: bug‘doy doni, eksperimentni rejalashtirish, fizik-kimyoviy xossalar, nonboplik xossalari, don namligi, kleykovina, sifat, regressiya tahlili, donning zararlanganligi, texnologik xossalar, un sifati.

Abstract. The article examines experimental design planning and methods for determining the physicochemical and baking properties of wheat grain. Special attention is given to the application of active experimental design methods, which make it possible to optimize the number of experiments and increase the reliability of the obtained results. The principles of selecting factors and their variation levels, as well as the processing of experimental data using regression analysis, are presented.

Keywords: wheat grain, experimental design, physicochemical properties, baking properties, grain moisture, gluten, quality, regression analysis, grain infestation, technological properties, flour quality.

1. ВВЕДЕНИЕ.

В лабораторных условиях исследовали влияние СВЧ-излучения на физико-химические показатели и хлебопекарные качества зерна пшеницы. Лабораторные и производственные испытания проводились в производственно-технической испытательной лаборатории АО «Андижондонмахсулот», ГУП «Агроинспекция» и ГУП «Uz Test» (г. Андижан).

Таблица 1

Исходные данные для планирования эксперимента

Характеристика	Условные обозначения	X_i время обработки, с	X_2 удельная мощность, Вт/м^2
Верхний уровень	+1	210	180
Основной уровень	0	180	160
Нижний уровень	-1	150	140
Звездная точка	-a	120	120
Интервал варьирования	+a	120	100

В данных условиях основная цель — разработать такой план эксп еримента, который при минимальном числе опытов даст максимально надёжную информацию для последующего внедрения метода в производство (табл.2.1). Поэтому в теории планирования важна концепция активного эксперимента, позволяющая установить причинно-следственные связи между воздействием СВЧ-поля и свойствами зерна пшеницы, а также показателями эффективности. следует отметить, что применение методов математического планирования эксперимента позволяет существенно повысить информативность исследований за счёт одновременного варьирования нескольких факторов и последующего анализа их взаимодействия. Это обеспечивает более глубокое понимание процессов, протекающих в зерновой массе под воздействием электромагнитного излучения, включая изменения физико-химических характеристик, таких как влажность, структура клейковины и степень заражённости. Кроме того, использование регрессионных моделей даёт возможность не только описывать полученные экспериментальные данные, но и прогнозировать поведение системы при изменении параметров обработки. Такой подход способствует оптимизации технологического процесса, повышению его эффективности и снижению энергозатрат при промышленной реализации метода СВЧ-обработки зерна.

ISSN 3030-3907

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. Метод основан на составлении оптимальных планов, которые позволяют с минимальным числом опытов исследовать факторы, влияющие на технологию хранения зерна.В таблице 2.2 приведена схема активного планирования эксперимента.

Таблица 2

Варианты опыта	Режимы воздействия СВЧ электромагнитных волн		
	Время, с	Мощность, Вт/м^2	Исследуемый параметр
1	180	210	$Y_{,}$
2	120	150	y_2
3	180	210	Y_3
4	120	150	Y_4
5	180	210	y_5
6	120	150	Y_6
7	140	180	y_7
8	140	180	y_8
9	140	180	y_9
10	Контроль		$Y_{,0}$

Регрессионный анализ и построение графических зависимостей выполнялись с использованием электронных таблиц Excel. При этом был применён двухфакторный план эксперимента.

В соответствии с методами активного планирования был также выбран многофакторный экспериментальный план типа Конно-2 [97; с. 5–121, 147; с. 148–149; 39–41]. В качестве основного сырья для обеззараживания с применением СВЧ-излучения использовалось зерно пшеницы, характеристики которого приведены в таблице 2.3.

Таблица 3

Основные физико-химические показатели зерна пшеницы

№	Физико-химические показатели зерна пшеницы	
1	Натура, *г/л*	770
2	Влажность, %;	10,5
3	Стекловидность, %;	53
4	Клейковина, %;	25
5	Показатель, ИДК ед. изм.	25/80

Объектом обеззараживания служило зерно пшеницы, которое характеризуется показателями, приведёнными в таблице 2.3. Для объективной оценки воздействия электромагнитного поля СВЧ-диапазона на зерно были проанализированы его основные физико-химические свойства.

ISSN 3030-3907

Экспериментальная часть исследования проводилась в лабораториях ГУП «Uz Test» и Андижанского филиала ГУП «Агроинспекция», а производственные испытания осуществлялись на предприятиях АО «Андижондонмахсулот» и АО «Кургонтепадонмахсулот».

Анализы зерна пшеницы выполнялись согласно по следующим методикам:

Зерно пшеницы проверяли на соответствие требованиям ГОСТ 52554-2006 [120; С.1-15].

Метод отбор проб зерна пшеницы по ГОСТ 13586.3-2014 [121; С.9].

Метод определение зараженности вредителями ГОСТ 13586.6-93 [122; С.1-19]

Метод определения влажности зерна ГОСТ 13586.5-2015[123; С.1-4].

Количество и качество сырой клейковины исследовали по ГОСТ 13586.1-68 [124; С.1-15].

Определение пористости мякиша по ГОСТу 5669-96 [125; С.1-5].

Определение влажности мякиша- ГОСТ 21094-75 [126; С.1-5].

Определение кислотности мякиша ГОСТ 5670-96 [127; С.1-8].

РЕЗУЛЬТАТЫ. Отбор зерна, хранящегося насыпью на площадках и складах, осуществляется с помощью складского щупа. Точечные пробы берутся в пределах секции насыпи площадью 200 м² в шести точках поверхности, расположенных на расстоянии 2,5 м от границ секции, стен склада или края площадки; при этом две точки обязательно должны находиться на гребне насыпи.

В каждой выбранной точке пробы отбираются с глубины от 50 до 100 см. Масса объединённой пробы от каждой секции насыпи или силоса элеватора должна составлять не менее 2 кг.

При полностью заполненных силосах точечные пробы отбирают складским щупом из верхнего слоя (на глубине около 10 см), а также из более глубоких слоёв (от 50 до 100 см).

В процессе выгрузки зерна пробы берут из потока перемещаемого зерна в местах перепада с помощью механического пробоотборника или специального ковша по 100 г от каждой тонны (для первых 10 тонн). Для частично заполненных силосов отбор проб также осуществляется во время выгрузки: по 100 г от каждой тонны из первых 20 тонн. Объединённая проба, полученная из каждого силоса, должна быть не менее 2 кг.

Зерно, отобранное для определения заражённости, упаковывают и маркируют. Средние пробы помещают в мешочки из плотной ткани, после чего укладывают в герметично закрывающуюся тару и плотно перевязывают шнуром, чтобы предотвратить выход насекомых и клещей. Для маркировки

ISSN 3030-3907

используют этикетки, которые через специальные отверстия прикрепляют к горловине мешочка; допускается также размещение этикетки внутри мешочка или в плотно закрытой таре с пробой. На маркировке обязательно указывается, что данная проба предназначена для определения заражённости зерна.

Средние пробы должны быть исследованы не позднее чем через 48 часов после отбора. Чтобы избежать гибели вредителей при транспортировке, пробы упаковывают в защитную тару (металлические банки с герметичными крышками или тканевые мешочки с полиэтиленовыми вкладышами).

В лабораторных условиях заражённость зерна определяют по стандартным методикам в соответствии с нормативной документацией. Среднюю пробу просеивают вручную или с использованием лабораторного рассева (например, У1-ЕРЛ) на наборе сит, подобранных согласно действующим стандартам. При этом отдельно учитывают виды обнаруженных живых вредителей и рассчитывают суммарную плотность заражения (СПЗ). В зависимости от значения СПЗ заражённость зерна классифицируется по пяти степеням. Показатели СПЗ приведены в таблице 2.4.

Влажность зерна определяют с использованием технических весов: навеску массой 20 г неразмолотого зерна помещают в чашки диаметром 8–10 см (или сетчатые бюксы) и высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 30 минут.

Таблица 4

Степени и характеристика зараженности зерна

№	Зараженность зерна по степеням	Показатель СПЗ, шт. */кг*
1	I	До 1 включ.
2	II	Св. 1 » 3 »
3	III	» 3 »15 »
4	IV	» 15 » 90 »
5	V	» 90

После высушивания навеску охлаждают без использования эксикатора, затем взвешивают и подвергают размолу. Из полученного размолотого материала в бюксы отбирают две навески по 5 г и высушивают основным методом. По истечении 40 минут бюксы извлекают, закрывают крышками, охлаждают в эксикаторе и снова взвешивают.

Содержание влаги (%) рассчитывают по формуле:

ISSN 3030-3907

$$X = 100 – (C – P),$$

где: C — масса 20-граммовой навески размолотого зерна после высушивания, P —масса 5-граммовой навески после высушивания.

Допустимые расхождения между параллельными определениями не должны превышать ±0,25%, а между арбитражными — ±0,5%. В качественных документах показатель влажности указывается с точностью до 0,1%.

Определение количества и качества клейковины пшеницы проводят в соответствии с нормативной документацией. Метод основан на отмывании клейковины из теста (полученного из размолотого зерна и воды) вручную или с применением механических устройств, а также на оценке её упруго-эластичных свойств.

Для анализа отбирают навеску массой 30–50 г, очищенную от сорной примеси (за исключением повреждённых зёрен пшеницы, ржи и ячменя). Зерно измельчают на лабораторной мельнице таким образом, чтобы остаток на проволочном сите № 067 не превышал 2%, а проход через капроновое сито № 38 составлял не менее 40%.

Из размолотого материала берут 25 г, добавляют 14 мл воды и замешивают тесто вручную или с помощью тестомесилки. Тесто формируют в шар и выдерживают в течение 20 минут под крышкой для набухания белков. После этого клейковину отмывают в ёмкости или под слабой струёй воды до полного удаления оболочек и крахмала.

Общее время отмывания и отжима сырой клейковины не должно превышать 55 минут, включая основное отмывание (до 40 минут), дополнительное промывание (около 2 минут), двукратный отжим и подсушивание (по 3–5 минут), а также двукратное взвешивание (по 1 минуте). В процессе отжима клейковину периодически промакивают сухим полотенцем.

После первичного взвешивания клейковину дополнительно промывают в течение 2–3 минут, снова отжимают и повторно взвешивают. Разница между двумя взвешиваниями не должна превышать ±0,1 г.

Количество и качество сырой клейковины определяют с использованием прибора ИДК-1 (измерителя деформации клейковины). Для этого из отмытой массы берут навеску 4 г, формируют шарик и выдерживают его в воде в течение 15 минут. По показаниям прибора в условных единицах клейковину относят к соответствующей группе качества.

ВЫВОДЫ. В результате проведённого исследования установлено, что применение методов планирования эксперимента является эффективным инструментом для изучения физико-химических и хлебопекарных свойств

ISSN 3030-3907

пшеничного зерна. Использование активного планирования позволяет рационально выбирать факторы и их уровни, сокращать количество опытов и при этом повышать точность и достоверность получаемых результатов.

Анализ основных показателей зерна, таких как влажность, содержание и качество клейковины, заражённость и технологические свойства, показал их значительное влияние на хлебопекарные характеристики сырья. Применение регрессионного анализа обеспечивает возможность математического описания взаимосвязей между изучаемыми параметрами и прогнозирования качества конечной продукции.

Таким образом, комплексный подход, включающий методы планирования эксперимента и современные физико-химические методы анализа, позволяет эффективно оценивать качество пшеничного зерна и может быть рекомендован для использования в научных исследованиях и производственной практике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахаев Н.С., Закладной Г.А. Устойчивость рисового и амбарного долгоносиков к тепловому воздействию на зерне различной влажности и температуры//. Труды ВНИИЗ. М.1985. –Вып. 108. -С.40-44.
2. Трисвятский Л.А., И.С.Шатилов Товароведение зерна и продуктов его переработки. М. «Колос» 1992. -С.91-97.
3. Ящук Н.А., Мацейко Л.Н., Бобер А.В. Качество зерна пшеницы разных сортов в зависимости от зараженности амбарным долгоносиком. Ukrainian Journal of Ecology. Киев. 2018 8(1). -P.394.
4. Niewiada A., Nawrot J., Szafranek J., Szafranek B., Synak E., Jelen H., Wasowicz E. Some factor affecting egg-laying of the granary weevil (Sitophilus granaries L.). Journal of Stored Products Research. 2005(41). -P. 544-555.
5. Yildirim E., Aslan A., Emsen B., Cakir A., Ercisli S. Insecticidal effect of Usnea longissima (Parmeliaceae) exstract against Sitophilus granaries (Coleoptera: Curculionidae). International Journal of Agriculture and Biology. 2012 (14)
6. Keskin S., Ozkaya H. Effect of storage and insect infestation on the technological properties of wheat . CyTA- Journal of Food, 13(1). -P.134-139.
7. Strelec I., Kucko L., Roknic D., Mrsa V., Ugarcic-Hardi Z. Spectrofluometric, spectrophotometric and chemometric analysis of wheat grains infested by Sitophilus granaries. Journal of Stored Products Research 2012 (50). -P.42-48.

ISSN 3030-3907